



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R103:1979**

# **Transport och läggning av betongrör**

**Rationella metoder för  
hantering av rör från fabrik  
till rörgrav. Etapp 1**

**Erik Björk  
Göran Lundström m fl**

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FOR VAGG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

**Byggforskningen**

R103:1979

TRANSPORT OCH LÄGGNING AV BETONGRÖR

Rationella metoder för hantering av rör från  
fabrik till rörgrav. Etapp 1

Erik Björk  
Göran Lundström  
Lennart Torstensson

Roland Andersson  
Mikael Hellsten  
Börje Westerdahl

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770490-2 från  
Statens råd för byggnadsforskning till AB Skånska Cementgjuteriet,  
Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R103:1979

ISBN 91-540-3083-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 956623



## INNEHÅLL

<u>SAMMANFATTNING</u> . . . . .	6
1 <u>INLEDNING</u> . . . . .	10
1.1      BAKGRUND OCH SYFTE . . . . .	10
1.2      UPPLÄGGNING OCH ORGANISATION . . . . .	10
2 <u>INVENTERING AV DAGENS METODER</u> . . . . .	12
2.1      HANTERINGSKEDJAN . . . . .	12
2.2      ARBETSPLATSBESÖK . . . . .	12
2.2.1    Uppläggning . . . . .	12
2.2.2    Fotografering . . . . .	13
2.2.3    Filmning med videoutrustning . . . . .	13
2.2.4    Metodblad . . . . .	13
2.2.5    Intervjuer . . . . .	13
2.3      METODBESKRIVNINGAR . . . . .	14
2.3.1    Steg 1-2 och 1-3 . . . . .	15
2.3.2    Steg 2-3 . . . . .	16
2.3.3    Steg 2-4 . . . . .	16
2.3.4    Steg 2-5 . . . . .	16
2.3.5    Steg 3-3B och 4-4B . . . . .	17
2.3.6    Steg 3-4 . . . . .	17
2.3.7    Steg 3-5 . . . . .	17
2.3.8    Steg 4-5 . . . . .	18
2.3.9    Förarbete rörgravsbotten . . . . .	18
2.4      ARBETSSKADESTATISTIK . . . . .	19
3 <u>UTVÄRDERING AV DAGENS METODER</u> . . . . .	20
3.1      SAMMANSTÄLLNING AV METODBLADEN . . . . .	20
3.2      SAMMANSTÄLLNING AV INTERVJUERNA . . . . .	20
3.2.1    Rörläggare . . . . .	20
3.2.2    Lastbilschaufförer . . . . .	21
3.2.3    Arbetsledare . . . . .	22
3.2.4    Förslag till förbättringar . . . . .	23
3.2.5    Kommentarer . . . . .	24
3.3      TEKNISK-EKONOMISK UTVÄRDERING . . . . .	25
3.3.1    Transport av rören från fabrikslager till mellanlager på arbetsplats . . . . .	26
3.3.2    Transport av rören från upplagsplat- sen till rörgravskanten . . . . .	29
3.3.3    Transport av rören från upplagsplat- sen till rörgravskanten samt nedsänk- ning i rörgraven . . . . .	29
3.3.4    Förflyttning av rören längs rörgravs- kanten respektive rörgravsbotten . . . . .	30
3.3.5    Nedsänkning av rören i rörgraven samt hopskjutning av dessa . . . . .	30

3.3.6	Nedsänkning och hopskjutning av rören i rörgraven, utfört i en följd . . .	31
3.3.7	Förarbete rörgravsbotten . . . . .	32
3.4	ERGONOMISK UTVÄRDERING . . . . .	33
3.4.1	Ergonomi . . . . .	33
3.4.2	Metodik . . . . .	33
3.4.2.1	Intervjuer . . . . .	34
3.4.2.2	Videofilmning . . . . .	34
3.4.2.3	Observation . . . . .	35
3.4.3	Datasammanställning . . . . .	35
3.4.3.1	Intervjuer . . . . .	35
3.4.3.2	ARBAN-analysen . . . . .	38
3.4.3.3	Observation . . . . .	53
3.4.4	Analys . . . . .	54
3.4.4.1	Allmänt . . . . .	54
3.4.4.2	Rörhantering . . . . .	54
3.4.4.3	Rörläggaren . . . . .	59
3.4.5	Slutsatser . . . . .	60
3.4.6	Förslag . . . . .	60
3.5	BEARBETNING AV ARBETSSKADESTATISTIK .	61
3.6	SAMMANFATTNING - DAGENS METODER . . .	63
4	<u>ALTERNATIVA METODER</u> . . . . .	65
4.1	ANVÄNDNING AV VÄXELFLAK VID TRANSPORTERNA FRÅN FABRIK TILL ARBETSPLATS .	65
4.1.1	Beskrivning . . . . .	65
4.1.2	Teknisk-ekonomisk utvärdering . . . .	67
4.1.3	Ergonomisk kommentar . . . . .	72
4.2	RÖRLÄGGNING MED KRANFÖRSEDD HJULLASTARE . . . . .	73
4.2.1	Beskrivning . . . . .	73
4.2.2	Teknisk-ekonomisk utvärdering . . . .	74
4.2.3	Ergonomisk kommentar . . . . .	75
4.3	RÖRLÄGGNING MED MASKIN AV TYPEN "COMBI" . . . . .	75
4.3.1	Beskrivning . . . . .	75
4.3.2	Teknisk-ekonomisk utvärdering . . . .	76
4.3.3	Ergonomisk kommentar . . . . .	78
4.4	RÖRLÄGGNING MED MASKIN AV TYPEN "SKOGSMYRAN" . . . . .	78
4.5	RÖRLÄGGNING MED INDUSTRIKRAV, KRAN OCH VAGN . . . . .	79
4.5.1	Beskrivning . . . . .	79
4.5.2	Teknisk-ekonomisk utvärdering . . . .	79
4.5.3	Ergonomisk kommentar . . . . .	80
4.6	RÖRLÄGGNING MED GRÄVMASKIN OCH "TÄNG" .	81
4.7	ANVÄNDNING AV STÅLHÄCKAR ELLER PALLRAMAR VID TRANSPORT OCH LAGRING AV RÖR . . . . .	81
4.7.1	Beskrivning . . . . .	81

4.7.2	Teknisk-ekonomisk utvärdering . . . . .	82
4.7.2.1	Transport från fabrikslager till la- ger på arbetsplats . . . . .	82
4.7.2.2	Transporter på arbetsplatsen . . . . .	93
4.7.2.3	Transport och hantering av tomma stålhäckar eller pallramar . . . . .	94
4.7.2.4	Sammanfattning och kommentarer . . . . .	96
4.7.3	Ergonomisk kommentar . . . . .	99
4.8	SAMMANFATTNING - ALTERNATIVA METODER.	100
BILAGA 1	Fotobilaga . . . . .	104
BILAGA 2	Arbetsmetodblad . . . . .	111
BILAGA 3	Arbetsmetodblad (ifyllt) . . . . .	113
BILAGA 4	Underlag för intervjuer . . . . .	115
BILAGA 5	Intervjuprotokoll . . . . .	117
BILAGA 6	Blankett för arbetsmetodsammanställ- ning . . . . .	118
BILAGA 7	Blankett för arbetsmetodsammanställ- ning (ifyllt) . . . . .	119
BILAGA 8	Delkostnader för rörhanteringssteg .	120
BILAGA 9	Transport med konventionell bil - kalkyler . . . . .	121
BILAGA 10	Läggning av rör - kalkyler . . . . .	124
BILAGA 11	Blankett för ARBAN-analys . . . . .	128
BILAGA 12	Transport med växelflak - kalkyl . .	129
BILAGA 13	Stålhäck . . . . .	133
BILAGA 14	Pallram . . . . .	134
BILAGA 15	Pallram och stålhäck med rör . . . . .	135
BILAGA 16	Beräkning av billaster vid stålhäckar och pallramar . . . . .	136
BILAGA 17	Användning av stålhäckar - kalkyler .	138
BILAGA 18	Användning av pallramar - kalkyler .	145
BILAGA 19	Transportavstånd vid 3 vändor/dag med växelflaksfordon i kombination med stålhäckar eller pallramar . . . . .	152
FIGURFÖRTECKNING . . . . .		155
LITTERATUR . . . . .		157

## SAMMANFATTNING

Hanteringen av betongrör med mindre dimensioner sker fortfarande till stor del manuellt och utgör numera ett av de tyngre arbetsmomenten inom väg- och anläggningssektorn. Arbetet är inte ergonomiskt lämpligt utan medför stora påfrestningar på rygg och axlar. Någon forskning har praktiskt taget inte bedrivits inom detta område trots att betongrör är det helt dominerande materialet för avloppsrör.

Syftet med projektet har varit att inventera och kartlägga bristerna i nuvarande arbetsmetoder ur såväl teknisk, ekonomisk som ergonomisk synpunkt, samt föreslå förbättrade metoder, maskiner och hjälpmedel ur ovanstående synpunkter. Avsikten är också att i en senare etapp välja någon av de föreslagna metoderna och specialstudera denna, tillverka prototyper etc.

Projektet, som är avsett att genomföras i två etapper, har omfattat hantering av oarmerade betongrör med storleken  $\varnothing$  100-400 mm och längden 1 meter. Kompletterings- och specialprodukter som t ex krokror, grenrör och brunnar, har i begränsad utsträckning också ingått i undersökningen.

Etapp I, som behandlas i denna rapport, innebär en inventering och kartläggning av de metoder som används idag samt utarbetande av förslag till förbättrade eller nya metoder, maskiner och hjälpmedel.

Etapp II består av konstruktion och tillverkning av nya utrustningar samt prov och uppföljning av dessa.

Kartläggningen av de olika metoder, maskiner och utrustningar som förekommer i branschen har skett genom ett stort antal arbetsplatsbesök. Förutom Skånska Cementgjuteriets egna arbetsplatser har vi även besökt andra entreprenörers byggen, kommunala egenregiprojekt samt betongvarufabriker.

De metoder, som studerats, har dokumenterats genom fotografering och videofilmning. Som ett komplement till detta har intervjuer av rörläggare, lastbilschaufförer och arbetsledare genomförts. Härigenom har vi fått in de olika gruppernas synpunkter på arbetsmiljön vid olika metoder, risker för olycksfall, förslag till förbättringar etc. Kartläggningen har omfattat hela hanteringskedjan från fabrikslagret till den färdiga ledningen i rörgraven, med tonvikten lagd vid hanteringen på arbetsplatsen och nedläggningen och hopskjutningen av rören.

Beträffande rörtransporterna från fabriken till mellanlagret på arbetsplatsen har vi konstaterat att dessa kan bli billigare totalt, om man kan ordna det så, att en hjullastare med flerpinnsgaffel lossar lastbilen på arbetsplatsen. Man slipper därvid kostnaden för bilkranen, som är större än de flesta tror. Eftersom lastningstiderna ofta är långa i samband med sk blandlass, bör det också vara dags att pröva nya transport- och hanteringshjälpmedel, som t ex växelflak, pallramar och stålhackar.

Användningen av växelflak för rörtransporterna från fabrik till arbetsplats ger i många fall klara ekonomiska fördelar. Även här bör man eftersträva lossning med hjullastare, så att bil-



kranen kan undvaras. Arbetet måste dock läggas upp så, att hjullastaren finns tillgänglig för lossning, då bilen kommer. Detta innebär en utökad och noggrannare transportplanering från såväl rörleverantör som arbetsplats. Dessutom krävs att dessa bilar alltid kan lossas med hjullastare, för att bilkranen skall kunna undvaras. Eftersom det med stor sannolikhet alltid kommer att finnas arbetsplatser, där en hjullastarbaserad teknik inte lämpar sig, bör rörleverantören ha någon bil utrustad med kran och då i första hand släpmonterad sådan om växelflak ska användas.

Om lastningstiden till stor del är över 1 timme, bör man gå över till växelflak, oberoende av hur lossning sker. Förekommer det transporter av den typ (upprepade transporter till samma plats) att man kan lämna växelflaken på platsen, så är växelflaksalternativet kostnadsmässigt helt utan konkurrens, oberoende av hur lossningen sker. Växelflaken blir även mer och mer lönsamma med åren, eftersom kostnadsbilden förändras i den riktningen.

Användningen av lastbärare av icke engångstyp innebär ett visst administrativt merarbete både vad gäller hämtning och underhåll av dem. Detta kompenseras dock, i större eller mindre utsträckning, av faktorer som rationellare hantering, bättre ergonomi, minskade rörskador etc. Nedanstående rekommendationer bör bli föremål för uppföljning i etapp II av detta projekt. Lastbärarna bör även förbättras i konstruktivt hänseende.

Ø 100 hanteras i stålhack med tanke på rörskador och ergonomiska fördelar.

Ø 150 hanteras i stålhack om den kan tas tillbaka vid ny leverans. Om så inte är fallet är pallramar mer lämpade. Om man vid fabriken inte vill lagerföra båda sätten, torde pallramsalternativet vara att föredra.

Ø 225-300 bör hanteras på pallram oberoende av när pallramarna kan tas tillbaka. Detta gäller inte om rören vid fabriken matas ut på kedjetransportör och hanteras i romboidformade lastenheter. I dessa fall bör den typen av lastenhet hanteras utan lastbärare hela vägen fram till arbetsplatsens mellanlager. Detta får dock ses som ett specialfall, eftersom det endast förekommer i blygsam omfattning.

Ø 400 bör hanteras på pallram om dessa kan tas tillbaka vid ny leverans. Om så inte är fallet är det inte lika självklart att lastbärare skall användas. Har man pallram för Ø 225-300, talar dock det mesta för att sådana bör användas även för Ø 400 för att få enhetlighet i hanterings- och lagringssätt.

Under utredningsarbetets gång har vi försökt att systematiskt samla in olika tips och idéer om nya eller förbättrade metoder för rörhantering. Metoderna har sedan jämförts med en "normalmetod", som tjänat som bas för alla bedömningar och beräkningar. Denna sk normalmetod är mycket vanlig och väl etablerad i branschen och innebär att hjullastare används för hämtning av rör och grus samt för nedsänkning av rör och utspridning av grus i rörgraven. Finjustering av rörgravsbotten, liksom omkulläggning och hopskjutning av rören, görs manuellt av två rörläggare. De invändningar, som kan riktas mot metoden, är främst av ergonomisk karaktär, eftersom det ingår moment som

manuell i- och urlastning av rör i hjullastarskopa, manuell förflyttning av rör nere på rörgravsbotten, manuell efterjustering av rörläget etc. Målet vid utvecklandet av alternativa metoder måste givetvis vara att få bort så många som möjligt av dessa moment.

Den speciella "tång" för rörhantering, som utvecklats vid Skånska Cementgjuteriets arbetsplats Rydebäck i Helsingborg, har såvitt vi känner till ännu ej använts på någon annan plats. I det fall tången används hängande i en grävmaskinskopa är metoden ekonomiskt sett ungefär likvärdig med "normalmetoden". Läggningskapaciteten är dock lägre, varför dess användning bör inriktas på tillfällen då en högre kapacitet ej kan utnyttjas.

Båda dessa metoder har fördelarna att de kräver små extrainvesteringar, eftersom de flesta arbetsplatser ändå utnyttjar hjullastare i större eller mindre omfattning. Utrustningen är därigenom flexibel och det är en av de viktigaste egenskaperna.

Ur ergonomisk synpunkt är laggningsmetoden med hjälp av grävmaskin och "tång" klart gynnsammare än den s k normalmetoden. Röret flyttas utan något manuellt lyft direkt från rörgravskanten till rätt läge i rörgraven. Hopskjutningen (med spett), liksom efterjustering av röret, sker dock fortfarande med muskelkraft.

HIAB-FOCO har skissat på en kombination av lastbilskran och hjullastare, som är mycket intressant. Kranen monteras via konsol på hjullastaren, vilket innebär att kranen lätt kan ställas av vid behov. För att kunna hantera rör på ett effektivt sätt, förses kranen med rotator och grip.

Under arbetet använder hjullastaren pallgaffel eller flerpinnsgaffel i stället för skopa. Hjullastaren tar då själv en börda med rör från upplaget eller direkt från lastbil. Maskinen transporterar själv rören till läggningsplatsen, fäller ut stödbenen och påbörjar laggningsarbetet. Kranen tar därvid rören ett och ett direkt från gaffeln och sänker ned det i rörgraven, där rörläggaren riktar in och skjuter ihop, t ex med spett. Kranen styrs av hjullastarens förare från hytten eller, om så erfordras med hänsyn till sikten, från rörgravskanten med hjälp av radiostyrning.

Metoden är enligt vår bedömning ett mycket konkurrenskraftigt alternativ. Kapacitetsmässigt är metoden sannolikt den främsta av de, som behandlas i denna rapport. Vi anser den också vara gynnsammare ur ekonomisk synvinkel än den s k normalmetoden.

Metodens största fördel i övrigt är att den är baserad på användning av hjullastare, vilket innebär välbekant teknik med stor framkomlighet och flexibilitet. Krandelen kan snabbt och enkelt kopplas av och maskinen tjänstgör då som "vanlig" hjullastare. Gripverktyget kan också lätt bytas ut, t ex mot en gripskopa.

En av metodens nackdelar är att den medför en nyinvestering på maskinsidan, i och med att krantillsatsen blir en specialutrustning för just rörläggning. Kranarna som sådana innebär dock inget nytt, eftersom de funnits på lastbilar i många år. Metoden har också vissa begränsningar vid hantering av brunnsbot-tendelar och avloppsrör med diametern större än 1.000 mm. Ut-laggningsmetoden begränsas då på grund av den stora tyngden.

Vi anser dock att fördelarna klart överväger, inte minst med hänsyn till de ergonomiska aspekterna. I den planerade etappen II av detta projekt, vill vi därför i första hand prova och utvärdera just denna utrustning.

I samband med projektet har Skånska Cementgjuteriets arbetsskadestatistik bearbetats. Resultatet visar att de flesta olycksfallen drabbar rörläggarna vid inriktning och hopskjutning av rören i form av klämningsskador på händer och fötter samt vid olika typer av schaktras genom skador på fötter och ben. Ryggskador är däremot tämligen få enligt statistiken, sannolikt beroende på att ryggen skadas genom förslitning och därför ej rapporteras som olycksfall.

Så länge som personal överhuvud taget måste finnas i rörgraven, måste man således visa yttersta försiktighet i samband med såväl schaktning som rensning och skrotning av slänterna. Detta är dock mera en fråga om omdöme än utveckling av ny och bättre utrustning.

Vi föreslår således att i första hand följande utföres i etapp II:

- Framtagande av prototyputrustning gällande metoden med kranförsedd hjullastare samt uppföljning och utvärdering av denna metod.
- Framtagande av förbättrade lastbärare av typen stål-häckar och pallramar samt uppföljning och utvärdering av vårt förslag till hur dessa ska användas.
- Kartläggning av förekomsten av för växelflak lämpade leveranser. Här har man då att ta hänsyn till sådana frågor som lastsammansättning och lastningstid, kvarlämnande av flak på arbetsplatsen samt lossning direkt på konventionellt sätt.

Dessa förslag får dock ej tolkas så, att vi föreslår en enda läggningsslagmetod, som lösning på alla rörläggningsslagproblem inom landet. Utredningsarbetet har klart visat att förutsättningarna och behoven varierar starkt från fall till fall. Utrustning, som är lämplig på en arbetsplats, kan vara direkt olämplig på en annan. Små rörläggningsslag har exempelvis sällan något behov av den höga läggningsslagkapacitet, som en tekniskt avancerad och dyrare utrustning kan prestera. Likaså kan kraven vara olika om arbetet bedrivs i den skånska leran eller den mellansvenska moränen.

## 1.1 BAKGRUND OCH SYFTE

Hanteringen av betongrör av mindre dimensioner sker fortfarande idag till stor del manuellt och utgör numera ett av de tyngre arbetsmomenten inom väg- och anläggningssektorn. Arbetet är inte ergonomiskt lämpligt utan medför stora påfrestningar på rygg och axlar. Som exempel kan nämnas att ett betongrör med diametern 225 mm och längden 1 meter väger ca 85 kg.

I Sverige och utomlands har praktiskt taget ingen forskning bedrivits inom detta område trots att betongrör är det helt dominerande materialet för avloppsrör. I litteraturförteckningen redovisas en sammanställning av artiklar o dyl, som kan ha någon anknytning till ämnet. Hanteringen av rör inom fabriken och fram till lager har till vissa delar utretts, t ex inom Skånska Cementgjuteriet, men arbetsplatsens problematik är hittills ett outforskat område.

Syftet med föreliggande forskningsprojekt har varit att inventera och kartlägga bristerna i nuvarande arbetsmetoder ur såväl teknisk, ekonomisk som ergonomisk synpunkt, samt föreslå förbättrade metoder, maskiner och hjälpmedel ur ovanstående synpunkter. Avsikten har också varit att välja någon av de föreslagna metoderna och specialstudera denna, tillverka prototyper etc.

Projektet har omfattat hantering av oarmerade betongrör med storleken  $\emptyset$  100-400 mm och längden 1 meter. Kompletterings- och specialprodukter som t ex krokrör, grenrör och brunnar, har i begränsad utsträckning också ingått i undersökningen.

## 1.2 UPPLÄGGNING OCH ORGANISATION

Projektet är avsett att genomföras i två etapper.

Etapp I, som behandlas i denna rapport, innebär en inventering och kartläggning av de metoder som används idag samt utarbetande av förslag till förbättrade eller nya metoder, maskiner och hjälpmedel.

Etapp II består av konstruktion och tillverkning av nya utrustningar samt prov och uppföljning av dessa.

Arbetet med etapp I har utförts av en projektgrupp bestående av följande personer:

Agne Torstensson, Vägavdelningen SCG.  
Projektledare fram till 1978-12-15.

Erik Björk, Planeringsavdelningen SCG.  
Projektledare efter 1978-12-15.

Gunnar Hallman, Vägavdelningen SCG.  
Göran Lundström, Planeringsavdelningen SCG.  
Lennart Torstensson, Centrala Skyddstjänsten SCG.



Som konsulter i ergonomiska frågor har Roland Andersson, Mikael Hellsten och Börje Westerdahl från Byggergonomilaboratoriet, KTH, medverkat.

Vid sidan av projektgruppen har en referensgrupp funnits, som ställt sitt kunnande till förfogande för konsultationer, bedömningar, kritik etc. Referensgruppen har bestått av följande personer, av vilka flera har lång erfarenhet och ingående kunskaper om rörläggning:

Gösta Angard, överingenjör, Vägavdelningen SCG.  
John Jonasson, verkmästare, SCG betongvarufabrik, Bålsta.  
Bengt Lundberg, civilingenjör, Centrala Skyddstjänsten, SCG.  
Owe Lärkfeldt, ingenjör, Betongvaruavdelningen SCG.  
Henry Strömberg, rörläggare, Vägavdelningen SCG.  
Jan-Otto Wejdling, överingenjör, Betongvaruavdelningen SCG.  
Ulf Åberg, professor, Byggergonomilaboratoriet KTH.

## 2.1 HANTERINGSKEDJAN

Rörlägningsarbetet kan uppdelas på olika sätt. För detta projekt har vi valt att studera hanteringskedjans ingående delar:

- a) Lastning vid fabrikslager
- b) Transport till arbetsplatsen
- c) Lossning på arbetsplatsen
- d) Mellanlagring på arbetsplatsen
- e) Transport från lagringsplats till läggningsställe
- f) Förarbete rörgravsbotten
- g) Nedläggning och hopskjutning av rören
- h) Provtryckning

Vår avsikt har varit att studera samtliga delarbeten. Tyngdpunkten har dock medvetet lagts på delarna e och g.

## 2.2 ARBETSPLATSBESÖK

2.2.1 Uppläggning

Kartläggningen av de olika metoder, maskiner och utrustningar som förekommer i branschen har skett genom ett stort antal arbetsplatsbesök. Förutom Skånska Cementgjuteriets egna arbetsplatser har vi även besökt andra entreprenörers byggen, kommunala egenregiprojekt samt betongvarufabriker. I tabellen nedan redovisas antal studerade objekt fördelade på dels hanteringskedjans delar, dels olika rördimensioner.

Hanteringskedja	Rördimension				SUMMA
	Ø150	Ø225	Ø300	Ø400	
Lastning	1	1	-	2	4
Extern transport	-	-	-	-	-
Lossning	1	1	-	2	4
Intern transport	1	2	-	1	4
Förarbete rörgrav	1	1	1	1	4
Läggning rör	2	11	6	5	24
SUMMA	6	16	7	11	40
DÄRAV filmade objekt	5	4	1	10	15

### 2.2.2 Fotografering

De metoder, som studerats vid arbetsplatsbesöken, har mestadels dokumenterats genom fotografering. Resultatet har blivit ca 120 st diabilder, som steg för steg beskriver de olika arbetsmomenten för de vanligaste och mest typiska metoderna.

### 2.2.3 Filmning med videoutrustning

De ergonomiska analyserna har, som tidigare nämnts, utförts av personal från Bygghygienlaboratoriet vid KTH. Till grund för detta har legat dels observationer vid arbetsplatsbesöken, dels filmer som tagits vid besöken. Filmerna har spelats in med videokamera och tillhörande videobandspelare, en metodik som möjliggjort ergonomiska analyser i efterhand genom studier av filmerna i en vanlig TV-apparat. Tillvägagångssättet vid själva utvärderingen redovisas i avsnittet "Utvärdering av dagens metoder".

Filmspelning har av ekonomiska skäl inte kunnat ske vid varje arbetsplatsbesök. Ett urval har skett, varvid tonvikten lagts vid den manuella hanteringen av rören på arbetsplatsen, främst själva rörläggningen, se tabellen ovan.

### 2.2.4 Metodblad

De arbetsmoment, som studerats vid arbetsplatsbesöken, har dokumenterats på särskilda metodblad, se bilaga 2. Metodbladen har utformats så att all information av intresse skall kunna rymmas på ett A4-ark. Vid varje arbetsplatsbesök har ett metodblad skrivits ut för varje studerad del av hanteringskedjan, se ifyllt exempel i bilaga 3.

I tabellen på metodbladets baksida finns plats för de tids- och kapacitetsdata, som uppmätts vid observationerna på arbetsplatserna. I de fall arbetsmomenten filmats, har tiderna noterats i efterhand genom uppspelning i en TV-apparat.

### 2.2.5 Intervjuer

Kartläggningen av metoder, maskiner och utrustning har kompletterats med intervjuer av arbetsledare och kollektivanställda. Härigenom har vi fått in de olika gruppernas synpunkter på arbetsmiljön vid olika metoder, risker för olycksfall, förslag till förbättringar etc.

Som underlag för intervjuerna har särskilt utarbetade frågelistor använts, se bilaga 4. Listorna innehåller för det mesta inga kompletta frågor utan kan mer liknas vid en checklista för intervjuaren. Bokstavs- och sifferkoderna kan sedan användas då svaren noteras på ett speciellt intervjuprotokoll (se bilaga 5).

Vid sortering och klassificering av de metoder, som observerats vid arbetsplatsbesöken, har det visat sig att den ovan beskrivna hanteringskedjan är mindre lämplig att använda som grund för indelningen. Vi har därför valt att betrakta hela rörlägningsarbetet som en hantering i fem steg.

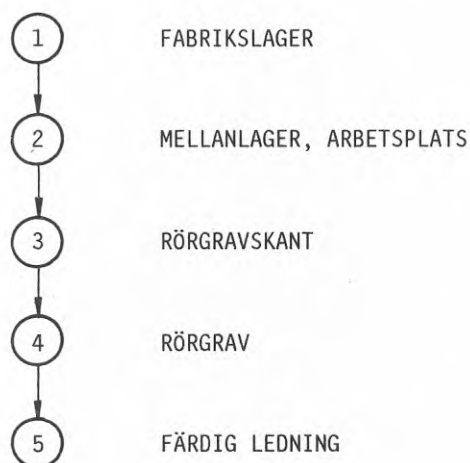


FIG 2.1 Stegindelning

Utanför denna stegindelning finns sedan "Förarbete rörgravsbotten" som en helt fristående aktivitet.

De metoder, som studerats på arbetsplatserna, innebär inte bara hantering ett steg åt gången, utan även stegen 1-3, 2-4, 2-5 och 3-5 förekommer. Likaså händer det att rören förflyttas (= sprids ut) längs rörgravskanten eller nere i rörgraven, vilket symboliseras av stegbeteckningen 3-3B resp 4-4B. I figuren nedan visas med pilar de olika alternativ som är aktuella i följande genomgång.

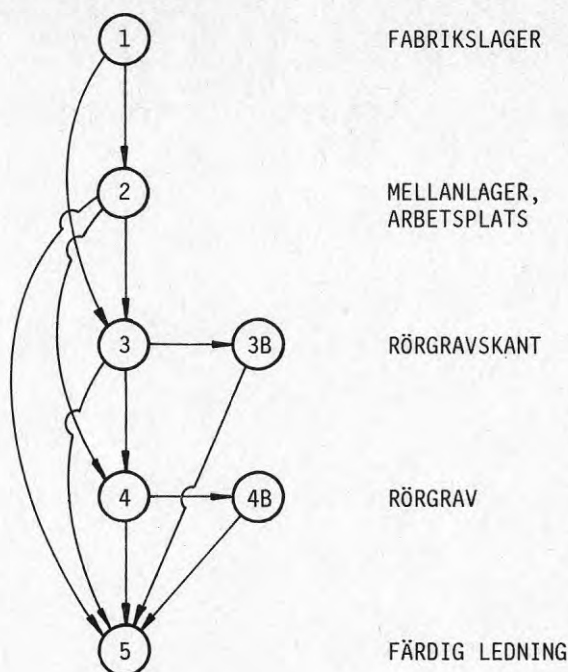


FIG 2.2 Aktuella förflyttningssteg.

### 2.3.1 Steg 1-2 och 1-3

Transporterna från fabrik till arbetsplats sker uteslutande med konventionell lastbil med släp och fasta flak. Släpet kan i-bland vara av typen 1-axlig släpkärre. Lastning och lossning sker huvudsakligen enligt följande metoder.

#### Lastning/lossning med truck

Lastning vid fabriksens lager sker med gaffeltruck. Trucken kan då vara utrustad med flerpinnsgaffel och lyfta flera rör åt gången (bild 1-2, bilaga 1), eller ha vanlig gaffel för lyft av rör i stålhäckar och grenrör m m på pallar.

Lossningen vid arbetsplatsen sker med hjullastare försedd med flerpinnss- eller vanlig gaffel, vilka används på motsvarande sätt som vid lastningen.

#### Lossning med kran

Vid leveranser till arbetsplatser, som saknar möjlighet till lossning med hjullastare, får lossningen ske med lastbilens egen kran, utrustad med flerpinnsgaffel, se bild 3-4 i bilaga 1. Kranen är vanligen bakmonterad och når då utan speciella åtgärder även lasten på släpet.

### 2.3.2 Steg 2-3

Förflyttning av rören från upplaget på arbetsplatsen till läggningsstället kan ske på en mängd olika sätt, såväl maskinellt som manuellt. De lokala förhållandena är helt avgörande.

#### Manuellt bärande

Transporten av rören kan i vissa fall ske helt manuellt. Rörläggaren bär då rören på axeln ett och ett från rörtraven till rörgravskanten. Metoden förekommer endast i samband med korta avstånd och rör av dimensionen  $\varnothing$  150 mm, se bild 5 i bilaga 1.

#### Transport i stålhack

Klenare rördimensioner levereras ofta i stålhackar till arbetsplatsen. Dessa hackar kan med fördel transporteras "obrutna" ända fram till rörgravskanten, där rören sedan plockas ur manuellt. Själva transporten sker lämpligen med hjullastare eller traktorgravare försedd med pallgaffel, se bild 6 i bilaga 1.

#### Transport med hjullastare

Den vanligaste metoden är att bära rören i skopan på en hjullastare. Rören lastas i och ur skopan för hand, se bild 7 i bilaga 1. För tyngre rör kan transporten alternativt ske genom att de träs på pinnarna på hjullastarens pallgaffel och därefter körs iväg två och två utan någon form av manuellt arbete.

### 2.3.3 Steg 2-4

Transporten från mellanlagret till läggningsstället kan åtföljas av omedelbar nedsänkning av rören i rörgraven, utfört av samma utrustning som ombesörjt transporten.

För detta arbete väljes ofta en hjullastare försedd med en stel kranarm istället för skopa. Rören bärs två och två eller fyra och fyra hängande i kätting eller liknande. Den ene rörläggaren finns då vid upplaget, den andre i rörgraven för att koppla resp koppla loss kättingen. Se bild 8 i bilaga 1.

Denna utrustning används företrädesvis då avståndet mellan upplag och rörgrav ej är alltför stort. Är transportvägen dålig ökar givetvis risken för rörsador, eftersom rören lätt kommer i svängning och skaver och slår mot varandra.

### 2.3.4 Steg 2-5

Transporten fram till rörgraven samt nedsänkning och hopskjutning av rören kan i vissa fall utföras i en enda följd. Vid kommunala egenregiarbeten är det vanligt att lastbilen, dvs 2-axlig lastbil med hyttmonterad kran, används för detta ändamål. Man har då ofta ont om plats vid rörgraven och bra transportvägar ända fram till denna, t ex asfalterade gator. Såväl lastning på flaket, som nedsänkning av rören i graven, sker med lastbilens egen kran. Kranen håller också röret medan gummiringen sätts på och röret skjuts in i det föregående.



Beträffande lyftredskap och hjälpmedel för hopskjutning, se under Steg 3-5 resp Steg 4-5.

### 2.3.5 Steg 3-3B och 4-4B

Med dessa stegbeteckningar avses förflyttning av rören längs rörgravskanten resp rörgravsbotten, efter det att rören lastats av från transportfordonet i häckar, travar, "knippen" e dyl. Arbetet utföres manuellt och innebär att rören rullas, baxas, släpas eller bäres till rätt plats. Metoden är naturligtvis endast aktuell för klenare rördimensioner, de tyngre lyftes (lossas) ett och ett till rätt plats direkt.

### 2.3.6 Steg 3-4

Förflyttningen av rören från rörgravskanten till rörgravsbotten sker med någon form av maskinell lyftanordning. Endast rör av dimensionen  $\emptyset$  150 mm lyftes för hand. Lämplig utrustning beskrivs under stegen 2-4, 2-5 och 3-5.

### 2.3.7 Steg 3-5

Nedsänkningen och hopskjutningen av rören i rörgraven utföres ofta i en följd, i synnerhet då maskiner och lyftredskap användes för de tunga arbetsmomenten. Maskinen håller röret i lämpligt läge under såväl påsättningen av gummiringen som hopskjutningen och är därmed låst till enbart rörhantering i detta skede. Vid arbetsplatsbesöken har vi kunnat konstatera att denna metodik är vanligare vid kommunala egenregiprojekt än vid entreprenader.

### Manuell hantering

Rör med diametern 150 mm hanteras helt manuellt. De lyftes ned i rörgraven och ställs på muffänden så att gummiringen kan sättas på. Röret läggs omkull, spetsänden riktas in och skjuts in i föregående rör, utan hjälpmedel ens för själva hopskjutningen, se bild 9-12 i bilaga 1. Riktningskontrollen sker vanligen med lösflukt eller för servisanslutningar bara med ögonmått.

### Hantering med grävmaskin

Schaktningsarbetet för själva rörgraven utföres alltid av någon typ av grävmaskin. Det ligger då nära till hands att utnyttja grävmaskinen även till att lyfta rör, trots att dess lyftkapacitet i detta sammanhang är åtskilligt överdimensionerad. Via en kätting, eller liknande, kopplad till skopan, kan dock rören hanteras på ett tämligen tillfredsställande sätt.

För att förbättra möjligheterna att lyfta rör, kan olika typer av lyftredskap användas. Lyftsax (bild 13, bilaga 1) och lyftkrok (bild 14), utformad som ett liggande U, är två exempel.

När röret sänkes ned i rörgraven, hängande i skopan via kätting och lyftredskap, hålles röret först i brösthöjd så att gummiringen kan sättas på i bekväm arbetsställning (bild 15). Röret

sänkes sedan ytterligare, spetsen riktas in i föregående muff-  
ände (bild 16) och röret skjutes (baxas) in med ett spett. Där-  
efter kopplas lyftredskapet bort och riktningskontrollen görs  
med hjälp av laser eller lösflukt. Något annat hjälpmedel för  
hopskjutningen än spett, brukar inte behövas, eftersom grävma-  
skinens håller röret, så att det nått och jämnt vidrör marken,  
vilket i sin tur underlättar hopskjutningen.

#### Hantering med grävmaskin och "tång"

En speciell "tång" för hantering av rör har utvecklats vid  
Skånska Cementgjuteriets arbetsplats Rydebäck i Hälsingborg.  
Tången (bild 17-18, bilaga 1) är så konstruerad att den kan  
gripa ett rör utan hjälp från någon personal. Förutsättningen  
är att rören ligger utspridda ett och ett på marken, ett arbete  
som oftast utförs av den hjullastare som bär fram rören till  
läggningsplatsen. Tången hänger på konventionellt sätt i en  
grävmaskinskopa och används överhuvud taget på motsvarande sätt  
som den ovan beskrivna lyftkroken. Skillnaden består i att  
tången spar personal, förutom grävmaskinföraren arbetar endast  
en man i rörlägningslaget, se bild 19.

#### 2.3.8 Steg 4-5

Utgångsläget för detta steg är att rören placerats ut i rörgra-  
ven med ca 1 meters mellanrum, stående på muffändan. Två olika  
metoder finns för hopskjutning av rören.

##### Användning av spett

Gummiringen sätts på det stående röret (bild 20, bilaga 1), var-  
efter röret läggs omkull och fångas upp i en wirestropp under  
spetsänden (bild 21). Spetsen riktas in och röret skjutes (baxas)  
in i det föregående med hjälp av ett spett (bild 22). Rikt-  
ningen kontrolleras, vanligen med laser, och eventuell juste-  
ring utföres (bild 23).

##### Användning av hopdragare

Arbetet tillgår på samma sätt som ovan, men istället för spett  
användes en speciell hopdragare (bild 24). Den placeras över  
skarven och genom att föra bygeln framåt, dras det sista röret  
bakåt och in i muffen (bild 25). Hopdragare av denna typ måste,  
för att passa, tillverkas för varje rördiameter.

#### 2.3.9 Förarbete rörgravsbotten

Efter avslutad rörgravsschakt måste botten avjämnas med grus,  
samkross e dyl. Materialet sprides ut med hjullastare eller  
grävmaskin varpå finjustering sker manuellt med skyffel. Nivån  
kontrolleras med lösflukt eller mot laserstrålen.

Grusmaterialet packas genom vibrering med vibrosläde, vars stor-  
lek väljes med hänsyn till fyllningens tjocklek. Efter avslutad  
packning kan rörlägningen ta vid.



## 2.4 ARBETSSKADESTATISTIK

En bearbetning av Skånska Cementgjuteriets arbetsskadestatistik har utförts med avseende på de olika arbetsmomenten inom projektets ram. Beträffande resultat och slutsatser se avsnittet "Utvärdering av dagens metoder".

### 3.1 SAMMANSTÄLLNING AV METODBLADEN

Arbetsplatsbesöken har helt naturligt resulterat i en stor mängd ifyllda metodblad, som på något sätt måste sammanställas. En speciellt framtagna blankett, "Arbetsmetodsammanställning" (bilaga 6), har använts för att samla de viktigaste uppgifterna på ett överskådligt sätt. På blanketten finns också utrymme för notering av kapacitets- och kostnadsdata. Arbetsmetodsammanställningarna har sorterats efter dels stegbeteckningarna (se avsnitt 2.3), dels rördimensionerna. Se ifyllt exempel i bilaga 7.

Dessa sammanställningar har endast till uppgift att, under det fortsatta arbetet, tjäna som en katalog över de olika metoderna för rörhantering.

### 3.2 SAMMANSTÄLLNING AV INTERVJUERNA

Vid arbetsplatsbesöken gjordes 11 intervjuer med rörläggare (16 man), 3 intervjuer med lastbilschaufförer samt 5 intervjuer med arbetsledare. Dessutom genomfördes en enkät vid en av Skånska Cementgjuteriets kurser för ansvariga arbetsledare på anläggningssidan. Frågeställningarna var där de samma som vid intervjuerna och enkäten besvarades av totalt 7 arbetsledare. Sammanlagt har således 31 personer fått tillfälle att på detta sätt framföra sina åsikter och önskemål beträffande hantering av betongrör.

#### 3.2.1 Rörläggare

De svar som avgivits vid intervjuerna kan sammanfattas i följande punkter.

##### Olycksrisker

Rasrisk föreligger i djupa gravar eller vid tjällossning, skrotning av sprängd grav etc.

Olyckor anses ofta bero på egen "drullighet".

Risk finns för stenscott och påkörning vid arbete intill trafikerade gator (1 pers).

Endast 1 person påpekade risken för klämning.

##### Arbetsbelastning

Arbetet är tungt, främst att lyfta, baxa och ställa ut rör i graven samt bottenavjämning.

De flesta har eller har haft ont i ryggen, vissa även i benen.

Hopskjutning sker med spett för Kanmaxrör, hopdragare eller spett för övriga rörtyper.

Endast 1 person anser att något verktyg eller redskap saknas.

### Arbetsställning

Ofta framåtlutad och dubbelvikt.

Många gånger trångt arbetsutrymme liksom tunga lyft med samtidig vridning av kroppen.

### Arbetsmiljö

Som allt utomhusarbete kan det vara smutsigt, kallt och blåsigt under den kalla årstiden samt dammigt sommartid.

Bullrigt, främst från maskiner och bergsprängning.

Avgaser vid arbete i stadsgator.

Många använder skyddsskor. Hjälpmöjligen i djupa rörgravar, i övrigt ingen skyddsutrustning.

### Trivsel etc

Bra samarbete med både arbetsledare och andra "gubbar".

### Vad är bäst och sämst med rörläggning?

Bra: Fritt arbete  
Utomhusarbete  
Ingen hets

Dåligt: Tunga rör  
Hålltagning i brunnar  
Bottenavjämning  
Rörupplagen på bygget (2 pers)  
Störningar som exempelvis väntan på material.  
Sliter kläder hårt

### 3.2.2 Lastbilschaufförer

Svaren kan sammanfattas i följande punkter.

#### Olycksrisker

Risker finns för halkning på flaket vintertid, att kliva fel och ramla från flaket, klämning av rör vid justering av dessa i upplag eller på flak samt att tappa rör med kran eller truck.

#### Arbetsbelastning

Tungt arbete endast i samband justering av rörens läge på flak eller i upplag.

#### Arbetsställning

Inga problem.

### Arbetsmiljö

Som allt utomhusarbete kan det vara kallt och blåsigt under den kalla årstiden samt dammigt under sommaren.

Avgaser och buller från bilen är ibland ett problem.

Vad är bäst och vad är sämst i arbetet?

Dåliga transportvägar och lossningsplatser på arbetsplatserna.

### 3.2.3 Arbetsledare

Svaren kan sammanfattas i följande punkter.

#### Fördelar med nuvarande metoder

Bra kvalitet på färdig ledning.

#### Nackdelar med nuvarande metoder

Rören är tunga, vilket medför dyrbar maskinhantering.

Brist på hjälpmedel för hanteringen.

Dålig last- och lossningsmetod för rören, dvs lång lossningstid och allmänt tungarbetat.

#### Trånga sektorer, var hakar det upp sig?

Väntan på maskiner och material (ofta brunnar).

Internt transporter längs rörgraven vid svårframkomlig terräng (bergigt, lerigt, etc).

#### Hopdragning

Kanmaxrör:	alltid spett
Övriga rör:	spett eller hopdragare

#### Rörskador

Vissa anser det sällsynt, andra anser det besvärande i samband med lossning och omlastning. I ett fall påpekades stora skador på Ø 150 lastade i häckar.

#### Provtryckning

Entreprenörer provtrycker alltid, kommuner nästan aldrig.

Läckage vanligast på vintern, i övrigt förekommer läckage från "sällan" upp till "20 %".

#### Yrkesskador - olycksrisker

Sliten rygg är vanligt. Risk för klämning av fingrar och fötter finns också, liksom ras av lösa stenar etc.

Ritningar

Ibland mycket bra, ibland mycket dåliga. I ett fall så dåliga att prefabbrunnar ej gick att använda, vilket medförde manuell håltagning för samtliga anslutande ledningar.

3.2.4 Förslag till förbättringar

Samtliga intervjuade personer ombads komma med förslag till förbättringar inom det aktuella arbetsområdet. Nedanstående tabell visar vad som togs upp (siffrorna anger hur många från respektive yrkeskategori som lämnat förslaget).

Förslag	Arbets- ledare	Rör- läggare	Lastbils- chaufför
Längre rör och lyft med maskin	3	5	-
Tång av "Helsingborgstyp" med snabbkoppling till maskin	-	1	-
Robot som lägger rören!	-	1	-
Bättre teknik för botten- avjämning	1	1	-
Lyftredskap i lättare material	-	1	-
Förstärkt skyffel alt hävstång	-	1	-
BOBCAT e dyl i rörgraven	-	1	-
Bättre ordning på rörupplagen	-	1	-
Hydrauliskt driven bormaskin för håltagning i brunnar	-	1	-
Gafflar för att lyfta flera rör samtidigt	-	1	-
Lyftsax för rör $\geq 300$ mm	-	1	-
Bättre organisation och därmed mindre spilltid	2	-	-
Bättre plaströr så att betong- rören kan utgå	2	1	-
Lasern placerad på första röret i stället för nere i brunnen	1	-	-
Bättre metod för hopdragning	1	-	-
Mindre dimensioner bör hanteras på pall	1	-	-
Förbättrade stålhäckar	1	-	-

Förslag	Arbets- ledare	Rör- läggare	Lastbils- chaufför
Lyftverktyg som griper om rörets ändar	-	-	1
Gummiinkladda lyftredskap	-	-	1

Som synes är det inte alltid fråga om konstruktiva förslag utan lika ofta rör det sig om rena önskemål eller rent av önsketänkanden. "En robot som lägger rören" måste nog, åtminstone idag, betraktas som en utopi!

### 3.2.5 Kommentarer

Intervjuernas huvudsyfte har hela tiden varit att låta personalen ute i fält komma till tals i frågor, som rör arbetsmiljö och olycksfallsrisker samt sist, men inte minst, ge förslag till förbättringar och nya metoder.

Vad beträffar förslagen till förbättringar kan det konstateras att resultatet av intervjuerna blivit tämligen magert. De flesta intervjusvaren gäller smärre detaljförbättringar, varav vissa (gafflar för att lyfta flera rör samtidigt, lyftsax för rör Ø 300 mm och större etc) avser hjälpmedel som redan finns i marknaden. Informationen över företagsgränserna kunde tydligen fungera bättre, när det gäller hjälputrustning och tillbehör!

Hos arbetsledarna träffar man ofta på inställningen "det är ingen slump att vi gör som vi gör". Betongrör har funnits så länge att man enligt många förmenande knappast kan förbättra läggningstekniken något nämnvärt. Det är endast bättre organisation och planering, som genom minskad spiltid åstadkommer förbättrade arbetsförhållanden.

Övriga intervjusvar innebär heller inga stora överraskningar. Att arbetet är tungt och sliter på ryggen, visste man förut, liksom att vissa rasrisker finns i djupa gravar samt vid tjällossning. Lite överraskande är det kanske att drygt hälften av rörläggarna anser, att olyckor många gånger beror på egen "drullighet"! Likaså påpekade endast en rörläggare risken för klämning och då avsågs klämning mellan hängande rör och spontvägg. Klämda tår och fingrar anses tydligen alltför bagatellartat för att omnämnas.

Praktiskt taget alla rörläggare ansåg som sagt att arbetet är tungt. När frågan gällde vad som var tyngst, varierade dock svaren en hel del. Många ansåg att rören rent allmänt är tunga att hantera, liksom att grusavjämningen på rörgravsbotten är ett slitsamt arbete. Detta kan också sägas vara kontentan av intervjuerna: En nykonstruerad utrustning skall dels underlätta själva lyftarbetet, dels komma till användning vid avjämningen av rörgravsbotten.



### 3.3 TEKNISK-EKONOMISK UTVÄRDERING

De tids- och kapacitetsdata som uppmätts vid arbetsplatsbesöken har, med hjälp av lämpliga timkostnader, omräknats till kostnader i kronor/meter ledning och noterats på respektive metodbladssammanställning. Genom att föra in dessa kostnader i figur 2.2, har vi försökt få en bild av kostnaderna för olika metoder. I bilaga 8 har detta gjorts för dimensionen  $\emptyset$  225 mm.

Det är dock mycket svårt att dra några slutsatser ur dessa siffror, av flera orsaker. Dels är underlaget tämligt litet, eftersom de ekonomiska ramarna för projektet inte medgivit några omfattande arbetsstudier. Dels är skillnaderna i kostnader för alternativen 3-4-5, 3-4-4B-5 och 3-5 så små (6:62, 7:17 resp 7:14 kr/m), att de ligger inom den normala felmarginalen. Den enda klara avvikelser är alternativet 3-5 med användande av den "tång", som beskrivits i tidigare kapitel. Kostnaden (tiden) för detta steg (5:10 kr/m) är emellertid uppskattad och dessutom behövs inga speciella figurer över delkostnader för att konstatera att "tången" spar pengar, man har ju bytt ut 1 man mot själva tången!

Vi har därför bedömt detta tillvägagångssätt som en icke framkomlig väg. Vi har dock här velat redovisa vår tankegång, eftersom den kan komma till framtida användning i liknande sammanhang.

Den teknisk-ekonomiska utvärderingen sker i stället på så sätt att dagens olika metoder jämföres sinsemellan och senare även med alternativa metoder. Där vi inte kunnat få fram aktuella tids- eller kostnadsdata har bedömningar eller beräkningar gjorts med ledning av närliggande data och med hjälp av erfaren personal. Det fel som detta eventuellt innebär påverkar mycket lite resultatet av metodjämförelserna.

#### 3.3.1 Steg 1-2 och 1-3, Transport av rören från fabrikslager till mellanlager på arbetsplats

##### Metoder och utrustning

Lastning vid fabriken med gaffeltruck utrustad med flerpinnsgaffel. De raka rören läggs i 2 travar på flaket (1 m långa rör), gren- och krokrör och kompletteringsdetaljer läggs där plats finnes. Konventionell 3-axlig bil med 2-axligt släp (last ca 27,7 ton utan kran). Lossning på arbetsplatsen antingen med på bilen bakmonterad kran eller med på arbetsplatsen befintlig hjullastare (varvid bilen saknar kran), båda utrustade med t ex flerpinnsgaffel. Inga hjälpmedel av typen pallar eller stålhackar.

Kalkylförutsättningar

- Lossningstider (uppskattade):
 

Med bilkran	60 min/lass (= 1,0 tim)
Med hjullastare	45 min/lass (= 0,75 tim)
- Lastningstider:
 

Eftersom lastningstiden är så starkt beroende av utrustning och lastsammansättning, utföres nedanstående diagram så att läsaren kan välja för honom lämplig lastningstid (30-120 min/lass) och få ut ungefärlig transportkostnad dels per lass, dels per ton.
- Transportavstånd och -hastigheter:
 

Kalkylerna görs för transportavståndet 50 km enkel väg, som är ett mycket vanligt avstånd.  
 Hastighet med last: 45 km/tim i genomsnitt  
 Hastighet utan last: 55 "

Med dessa förutsättningar görs nedanstående beräkningar.

Ekipage med kran

Enligt kalkyl i bilaga 9, erhålles följande kostnad vid

30 min lastningstid:

Lastning	145 kr/lass
Transport	380 "
Lossning	190 "
	<hr/> 715 kr/lass = 27:30 kr/ton

120 min lastningstid:

Lastning	580 kr/lass
Transport	380 "
Lossning	190 "
	<hr/> 1.150 kr/lass = 43:90 kr/ton

Ekipage utan kran (lossning med hjullastare)

Enligt kalkyl i bilaga 9, erhålles följande kostnad vid

30 min lastningstid:

Lastning	125:- kr/lass
Transport	300:- "
Lossning	206:25 "
	<hr/> 631:25 kr/lass = 22:80 kr/ton

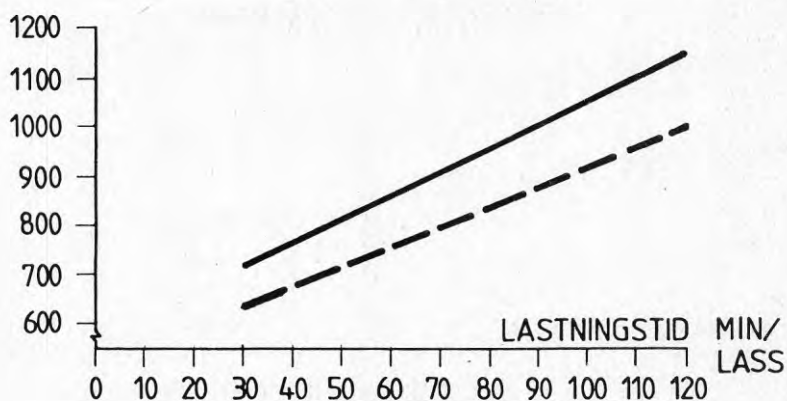
120 min lastningstid:

Lastning	500:- kr/lass
Transport	300:- "
Lossning	206:25 "
	<hr/> 1.006:25 kr/lass = 36:30 kr/ton

Om vi ritar upp kostnadsdiagram med utgångspunkt från dessa värden kan vi även läsa av vad kostnaderna blir med andra lastningstider än de ovan angivna.



KR/LASS

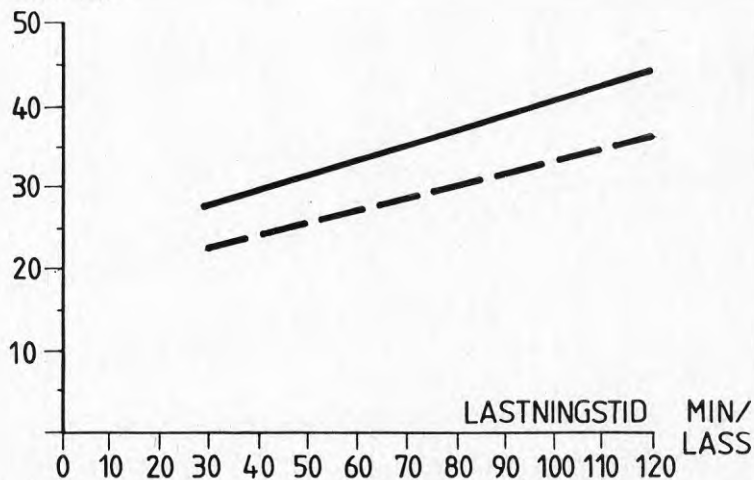


————— Lossning med kran

----- Lossning med hjullastare

FIG 3.1 Transportkostnad (kr/lass) inklusive lastning och lossning.

KR / TON



————— Lossning med kran

----- Lossning med hjullastare

FIG 3.2 Transportkostnad (kr/ton) inklusive lastning och lossning.

### Transportavstånd vid 3 vändor/dag

Eftersom det är av stor ekonomisk betydelse om man hinner köra en vända till per dag med bilen, så kan vi ta och titta på möjliga transportavstånd för att klara 3 vändor per dag.

Med tidigare angivna förutsättningar beräknas transportvägen (se bilaga 9) för dels lossning med kran, dels lossning med hjullastare. Med utgångspunkt från resultaten kan följande diagram upprättas.

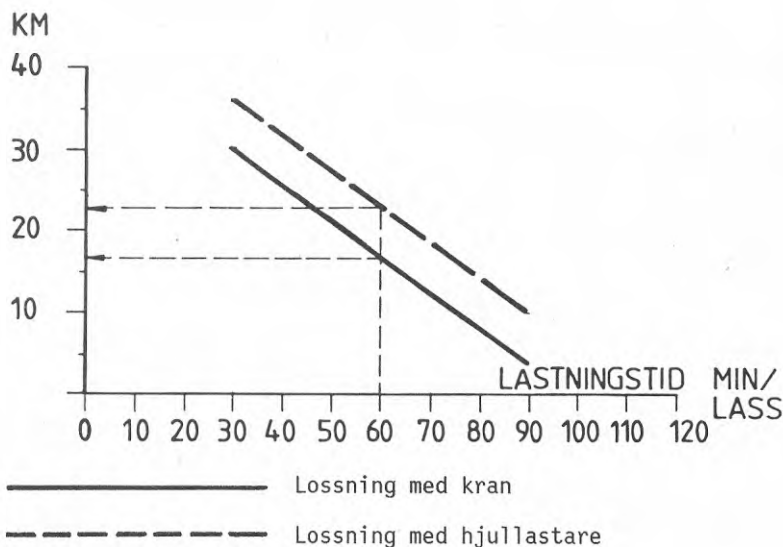


FIG 3.3 Transportväg (enkel) för 3 vändor/dag.

### Sammanfattning och kommentarer

Som synes är det billigare totalt om man kan ordna det så att en hjullastare (med specialgaffel) lossar på arbetsplatsen. Därvid slipper man kostnaden för bilkranen som är större än de flesta tror. Dels har man timkostnaden för kranen, dels reducerar kranen bilens lastförmåga med ca 1,5 ton och dels tar det något längre tid att lossa ett renodlat rörlass (som här är fallet) med kran.

Hur dessa kostnader vid konventionellt ekipage påverkas av hjälpmedel såsom stålheckar respektive pallramar återkommer vi till under avsnittet 4.7. Av diagrammet ovan kan man se hur såväl lastningstidens längd som lossningsmetoden påverkar den maximala transportvägen vid 3 vändor per dag.

Av ton-kostnaderna att döma bör det vara dags att pröva nya transport- och hanteringshjälpmedel eftersom speciellt lastningstiderna ofta är långa i samband med s k blandlass dvs laster där en mängd olika produkter skall med på samma bil till samma arbetsplats. Vi återkommer här till under avsnitten 4.1 och 4.7.

### 3.3.2 Steg 2-3, Transport av rören från upplagsplatsen till rörgravskanten

Den vanligast förekommande metoden för detta steg är, som framgår av metodbeskrivningarna, att bära rören i skopan på en hjullastare. I- och urlastning sker manuellt.

Maskinvalet ägnas sällan någon större uppmärksamhet, eftersom man använder någon av de hjullastare, som redan finns tillgängliga på arbetsplatsen. Det ligger i sakens natur att dessa inte alltid har lämplig storlek och kapacitet, men ur ekonomisk synvinkel kan detta ändå vara den bästa lösningen. Kostnaderna för denna deltransport medräknas i de jämförande kalkyler, som görs under avsnitten 3.3.5 och 3.3.6.

I många avseenden kan denna transportmetod sägas följa "minsta motståndets lag". Hjullastare finns nästan alltid till hands och så länge rörläggarna accepterar att lyfta rören manuellt i och ur skopan, är detta en naturlig lösning på transportfrågan. Inga speciella investeringar krävs, ej heller någon hantering och administration av tomma häckar, pallar e dyl, vilket blir följden av ett system med lastbärare. Ur ergonomisk synpunkt måste emellertid metodens lämplighet ifrågasättas, se avsnitt 3.4. Vi har därför utrett användningen av stålheckar och pallramar mer ingående i ett särskilt kapitel (4.7).

### 3.3.3 Steg 2-4 och 2-5, Transport av rören från upplagsplatsen till rörgravskanten samt nedsänkning i rörgraven

Transporten från upplaget till rörgravskanten kan enligt metodbeskrivningarna ske med hjullastare + kranarm med rören fritt hängande i kätting e dyl. Antalet rör per vända kan uppgå till 4 st av dimensionen  $\emptyset$  225.

Även om metoden bara används för kortare körsträckor är risken för rörskadorna betydande. Rören skaver och slår mot varandra, ett problem som givetvis ökar med försämrad transportväg. Säkerheten under transporten kan ej heller anses fullgod. Metoden har dock, åtminstone kortsiktigt, samma ekonomiska fördelar, som omnämnts ovan under kap 3.3.2.

Vid arbete med ledningar i befintlig gata används mycket ofta den s k lagbilen för såväl transport som läggning av rör. Som framgår av metodbeskrivningarna finns många fördelar med metodiken, så många att frågor som läggningskapaciteter etc till viss del kommer i andra hand. Man har så ont om plats invid rörgraven att man helt enkelt måste välja den utrustning som är smidigast. Med hänsyn till att

även grustransporterna kan ombesörjas av lagbilen är det få utrustningar som kan konkurrera och någon jämförande ekonomisk kalkyl är ej så intressant i detta sammanhang.

Kranen på lagbilen kan självfallet föras med olika former av lyftredskap och arbetsmetoden har över huvud taget många fördelar ur ergonomisk synpunkt (se avsnitt 3.4).

### 3.3.4 Steg 3-3B och 4-4B, Förflyttning av rören längs rörgravskanten respektive rörgravsbotten

Helt manuella arbeten, se ergonomiska kommentarer i kapitel 3.4. Kostnaderna för dessa delarbeten medräknas i de jämförande kalkyler som görs nedan och under kapitel 4.

### 3.3.5 Steg 3-4 och 4-5, Nedsänkning av rören i rörgraven samt hopskjutning av dessa

Under detta avsnitt väljes följande lägningsmetod för jämförande kalkyler:

- Hjullastare under 6 tim/dag för hämtning av grus och rör samt för nedsänkning av rör och utspridning av grus i rörgraven.
- Grävmaskin under hela arbetsdagen för schaktning.
- Rörläggare (2 man under hela arbetsdagen) för avjämning av rörgravsbotten samt för omkulläggning och hopskjutning av rören.

Detta innebär att även kostnader från Steg 2-3 tas med i kalkylerna.

### Kalkylförutsättningar

De kalkyler, som redovisas i bilaga 10, har till uppgift att belysa skillnaderna ur ekonomisk synpunkt mellan de olika lägningsmetoderna. Kostnaderna för exempelvis betongrör, återfyllningsmaterial, arbetsledning och utsättning har ej tagits med i beräkningarna, eftersom dessa är tämligen oförändrade oavsett metod.

I de fall grävmaskinen ej deltar i själva rörhanteringen, förutsätts den ha sådan schaktkapacitet att den "håller undan" för rörläggarna. Schaktmassorna placeras av grävmaskinen invid rörgraven och någon borttransport antages alltså ej vara aktuell.

Startsituation: Rörgravsläget utsatt, rör i upplag.  
Slutsituation: Färdig ledning, skyddsfyllning utförd.

### Kostnadsjämförelse och kommentarer

I bilaga 10 har kostnaden med ovan givna förutsättningar beräknats till 2.870 kr/dag. För att kunna gå vidare och göra meningsfulla bedömningar måste någon form av jämförelsekapacitet tas fram. Vi fastlägger därför denna mycket vanliga

rörläggningssmetod som "normalmetod" och som bas för fortsatt utvärdering. Vi antar vidare att rörläggningen utförs med två ledningar av betong ( $\emptyset$  225-300) i samma rörgrav. Arbetet försiggår på ett exploateringsområde med i ena fallet svåra markförhållanden och därtill hörande dålig framkomlighet, i andra fallet bra framkomlighet.

För dessa två mycket vanliga typfall antager vi att läggningsskapaciteten uppgår till 20 respektive 30 meter rörgrav per dag. Dessa rimliga antaganden får nu ligga till grund för den fortsatta bedömningen av såväl dagens metoder som alternativa metoder.

Den läggningssmetod, som här valts som "normalmetod", är väl etablerad i branschen och ofta använd. De invändningar, som kan riktas mot den, är främst av ergonomisk natur. Den kräver inga speciella investeringar, eftersom de flesta arbetsplatser ändå använder hjullastare i större eller mindre omfattning. Utrustningen är därigenom flexibel och det är ett av de starkaste kraven från arbetsledarhåll.

### 3.3.6 Steg 3-5, Nedsänkning och hopskjutning av rören i rörgraven, utfört i en följd

Under detta avsnitt behandlas två metoder för jämförande kalkyler, dels hantering med grävmaskin, dels hantering med grävmaskin och "tång", i fortsättningen kallade Metod I respektive Metod II.

Metod I innebär:

- Grävmaskin under hela arbetsdagen för schaktning samt för nedsänkning av rör och utspridning av grus i rörgraven.
- Hjullastare under 2 tim/dag för transport av grus och rör fram till grävmaskinens arbetsområde.
- Rörläggare (2 man under hela arbetsdagen) för avjämning av rörgravsbotten, koppling och losskoppling av lyftredskap samt inriktning och hopskjutning av rör.

Metod II innebär:

- Grävmaskin under hela arbetsdagen för schaktning och utspridning av grus i rörgraven samt, med hjälp av tången, nedsänkning av rör.
- Hjullastare under 3 tim/dag för transport av grus och rör (inklusive utspridning av rören) fram till grävmaskinens arbetsområde.
- Rörläggare (1 man under hela arbetsdagen) för avjämning av rörgravsbotten, losskoppling av tång samt inriktning och hopskjutning av rör.



Detta innebär att även kostnader för Steg 2-3 tas med i kalkylerna för dessa två fall. Den helt manuelle lägningsmetoden, som behandlats i metodbeskrivningarna, är endast aktuell för dimensionen Ø 150. Den studeras ingående i den ergonomiska utvärderingen (avsnitt 3.4).

### Kalkylförutsättningar

Samma förutsättningar som under avsnitt 3.3.5.

### Kostnadsjämförelse och kommentarer

I bilaga 10 har kostnaden för Metod I och II med ovan givna förutsättningar beräknats till 2.370 respektive 2.000 kr/dag. För att dessa två metoder ur ekonomisk synvinkel skall vara likvärdiga med "normalmetoden" (definition i avsnitt 3.3.5) fordras att följande lägningskapaciteter uppnås:

Arbetsplatser med dålig framkomlighet:

- "Normalmetoden": 20 m rörgrav/dag
- Metod I:  $20 \times \frac{2370}{2870} = 17$  m rörgrav/dag
- Metod II:  $20 \times \frac{2000}{2870} = 14$  m rörgrav/dag

Arbetsplatser med bra framkomlighet:

- "Normalmetoden" 30 m rörgrav/dag
- Metod I:  $30 \times \frac{2370}{2870} = 25$  m rörgrav/dag
- Metod II:  $30 \times \frac{2000}{2870} = 21$  m rörgrav/dag

Ur kapacitetssynpunkt torde det vara tämligen små skillnader mellan Metod I och II. Den sistnämnda, dvs rörhanteringen med grävmaskin och "tång", bör därför vara mest konkurrenskraftig av de två. Det är emellertid svårt att säga om Metod II medför lägre kostnader per meter rörgrav än "Normalmetoden". I Metod II skall grävmaskinen utföra såväl schakt som hantering av grus och rör och detta sänker naturligtvis kapaciteten jämfört med "normalmetoden". Hur stor kapacitetssänkningen är, kan endast fastställas efter omfattande arbetsstudier, men vi bedömer Metod I och "Normalmetoden" vara ungefär likvärdiga ur ekonomisk synpunkt.

Olikheterna mellan metoderna består främst i att "Normalmetoden" kan prestera högre lägningskapacitet, medan den har minusposter på den ergonomiska sidan (se avsnitt 3.4).

### 3.3.7 Förarbete rörgravsbotten

Rörgravsgruset sprides vanligen ut med maskinella hjälpmedel, t ex hjullastare eller grävmaskin, varefter det finjusteras manuellt. Detta tunga arbete avhandlas mer utförligt i den

ergonomiska utvärderingen, avsnitt 3.4. Kostnaden för avjämningsbotten har medräknats i de jämförande kalkyler, som gjorts under avsnitten 3.3.5 och 3.3.6.

Någon annan metod att utföra detta arbete har vi ej observerat vid arbetsplatsbesöken. Vid genomgången av de alternativa metoderna, kapitel 4, återkommer vi till ämnet.

### 3.4 ERGONOMISK UTVÄRDERING

#### 3.4.1 Ergonomi

Ergonomi behandlar arbetsutformning utifrån mänskliga krav och förutsättningar. Arbetssituationen är sammansatt av ett flertal element som mer eller mindre påverkar arbetstagarens "totala" situation. Flera kunskapsområden måste därför studeras och beaktas för att en optimal förbättring skall kunna åstadkommas. Ett ergonomiskt angreppssätt på arbetssituationen blir därför tvärvetenskapligt och innehåller kunskapsområden som fysiologi, teknologi, sociologi och psykologi.

Denna definition av ergonomi stämmer väl överens med vad som står i Arbetsmiljölagen.

Traditionellt har hälsa uppfattats som frånvaro av sjukdom. Nu har ambitionsnivån för definitionen av hälsa höjts och samtidigt har området breddats för de betingelser - fysiska, psykiska och sociala, som beaktas i förbindelse med hälsa. Genom olika slag av tekniska anordningar och genom riktig utformning av arbetsmetoder, arbetsredskap, förpackningar etc minskar belastningen på organismen vid kroppsarbete. Mekaniseringsprocessen har medfört både fördelar och nackdelar från arbetsmiljösynpunkt. Ett visst mått av fysisk ansträngning i lämplig form är ju en positiv faktor för hälsan. Det är viktigt att man vid arbetsutformningen hindrar plötsliga, kraftiga arbetsmoment, vibrerande arbetsmoment, statisk belastning och ensidiga arbetsrörelser och arbetsställningar. Kombinationer av tungt arbete med luftföroreningar, värme eller obehagliga arbetsställningar måste också uppmärksammas vid arbetsplaneringen.

Försök har visat att man inte helt kan förlita sig på att undvika arbetsskador genom att rätt lyftteknik används även om denna lyftteknik blivit utlärd. Man måste i stället systematiskt skapa en sådan arbetsutformning genom t ex hjälpverktyg, materialutformning etc så att en olämplig belastning på kroppen inte uppstår.

#### 3.4.2 Metodik

Vid den ergonomiska studien har i överensstämmelse med vad ovan sagts ett flertal metoder använts. Syftet med detta är att en helhetssyn på arbetssituationen skall erhållas.

Förutom egna iakttagelser och bedömningar vid de olika arbetsplatsbesöken har även intervjuer, videofilmning och observation använts.

Den noggrannare ergonomiska studien har i enlighet med utredningens inriktning avgränsats till kategorin rörläggare.

#### 3.4.2.1 Intervjuer

Intervjuer har utförts för att erhålla rörläggarens syn på sitt arbete.

Av intervjuguiden framgår att intervjuerna berört tekniska, arbetsfysiologiska, fysikaliska, kemiska och psyko-sociala miljöfaktorer.

#### 3.4.2.2 Videofilmning

I syfte att erhålla också en objektiv bedömning av rörlägningsarbetet (jämför intervjuerna) har laboratoriet efter samråd med Bygghälsans forskningsstiftelse valt att utföra s k Arban-analys av arbetsbelastningen.

Analysmetoden har utvecklats av tekn dr Peter Voigt vid Bygghälsans forskningsstiftelse. Metoden är under utveckling, och därför i behov av testning.

Metoden går ut på att utifrån en vald arbetssekvens (ofta en arbetscykel) utföra en frekvensstudie med jämna intervall (i vårt fall 3 eller 6 sekunder). Arbetscykeln finns således upptagen på en videofilm.

Vid varje avläsningstillfälle "fryses" bilden, varvid avläsning av kroppsställningen kan utföras. Vid avläsningen tas, utgående från Röhmers kurva, även hänsyn till eventuella statiska moment (dvs att man inte rört sig sedan föregående avläsning) och yttre krafter (t ex lyftning av ett betongrör).

Resultatet av avläsningen tas upp i en härför avsedd blankett. Se bilaga 11.

Arbetsställningen avläses för varje kroppsdel för sig och graderas efter svårighetsgrad enligt en i förväg uppgjord mall. Graderingen sker utefter en skala med 1 som lägsta värde och 5 som högsta värde.

Den yttre kraften kan antingen vara 0, dvs man lyfter ingenting, eller också ligga mellan 1 och 5 beroende på den yttre kraftens inverkan.

Vid de filmade arbetsplatserna har rör av ett flertal dimensioner studerats och därmed givit upphov till olika påverkan av yttre krafter.



För att erhålla en jämförelse av arbetsbelastningen vid arbete mellan de olika rördimensionerna har den yttre kraften vid arbete med rör av dimensionen  $\emptyset$  150 följaktligen bedömts lägre än vid arbete med  $\emptyset$  400 rör.

En jämn fördelning av de olika rörtyngderna har skett utifrån den givna skalan för yttre krafter (1-5).

Belastningsblanketterna har efter ifyllande bearbetats med hjälp av dator.

Resultatet av datorkörningen har därefter analyserats. Härvid har de mest belastade kroppsdelarna och de olika medelvärdena för den studerade arbetscykeln kunnat identifieras och sammanställas i överskådlig form.

För mest belastade kroppsdelar och för totalbelastningen på kroppen redovisas i särskild tabell belastningskvot (dvs medelvärdet av bedömningen på arbetsställning, yttre last och statisk muskelbelastning över hela den analyserade arbetscykeln), yttre krafter och procentandel statisk muskelbelastning.

Arbetsbelastningen åskådliggörs i ett arbetstid/belastningsdiagram med belastningen som en funktion av arbetstiden dvs den studerade arbetscykeln. Diagrammen har konstruerats så att kroppsbelastning och arbetsmoment går att "läsa av" samtidigt. Därmed kan erhållas vid vilket arbetsmoment belastningen är störst. Vid lagarbete har arbetstid/belastningsdiagrammen för varje arbetare lagts under varandra så att en jämförelse även mellan lagmedlemmarna skall underlättas.

#### 3.4.2.3 Observation

Vid de olika arbetsplatsbesöken har förutom laboratoriets egna iakttagelser och bedömningar även en sjukgymnast med bred erfarenhet av industriarbete anlitats för att bedöma rörläggarnas arbetsförhållanden.

Som utgångspunkt för sjukgymnastens bedömning låg samma video-upptagningar som använts vid Arban-analysen.

Sjukgymnastens bedömning redovisas i följande avsnitt. Egna iakttagelser och bedömningar tas däremot först upp i analysen av de framkomna resultaten.

#### 3.4.3 Datasammanställning

Avsnittet omfattar en sammanställning av uppgifter som erhållits vid den datainsamling som bedrivits enligt ovan beskrivna metoder.

##### 3.4.3.1 Intervjuer

Redovisning av intervjuundersökningen, dvs arbetstagarnas subjektiva upplevelser av arbetsituationen, har översiktligt

redovisats i tidigare avsnitt (3.2). Därför inriktas denna redovisning på arbetsmiljöfrågor. Av denna anledning har bl a tekniska aspekter som rörkonstruktion utelämnats.

Sammanställningen har indelats i fem olika grupper.

Samtliga arbetsmiljögrupper utom trivsel, löner m m innehåller negativa värdeomdömen, och är därmed jämförbara. Svarsfrekvensen på varje delfråga inom gruppen anger hur många av de intervjuade som upplever problem. Styrkan av det aktuella problemet relativt andra mäts då i antalet svar.

I syfte att utröna huruvida någon arbetsmiljögrupp upplevs svårare än någon annan har även ett medelvärde per grupp angivits.

(Mv =  $\frac{\text{summa svar}}{\text{antalet besvarade frågor}}$ )

<u>OLYCKSRISKER</u>	<u>Rör- lägg.</u>	<u>Chauf.</u>	<u>ARBETSBELASTNING</u>	<u>Rör- lägg.</u>	<u>Chauf.</u>
Halkning	3	3	Tungt arbete	10	3
Fall till lägre nivå	-	3	Oformliga bördor	2	-
Splitter och stänk	7	-	Tung skjutn. el dragning	-	1
Snubbling	-	2	Tunga verktyg	2	-
Klämning	1	3	Ont i ryggen	8	2
Ras	6	1	Ont i höfter	2	-
Påkörning av fordon	2	1	Trött efter jobbet	2	-
Bristande uppmärksamh	6	3	Klättring	-	3
Undermåliga trpt-vägar	-	1			
Summa intervjuade	11	3	Summa intervjuade	11	3
Mv: 4,2		2,1	Mv: 4,3		2,2

ARBETSSTÄLLNINGAR

Framålutad	8	-
Krökt, vriden etc	4	-
Tunga lyft med vridn.	3	-
För trångt	5	-
Summa intervjuade	11	3
Mv: 5,0		0

ARBETSMILJÖ

Smutsigt arbete	9	2
Damm	2	2
Väta av nederbörd	-	3
Kyla, drag, blåst	8	3
(Av)gaser	2	2
Synförhållanden	-	2
Buller	8	1
Vibr./skakningar	3	1
Skyddsutrustning	1	-

TRIVSEL, LÖNER M M

Bra samarbete	11	1
Fritt arbete	9	2
Summa intervjuade	11	3

Summa inervjuade	11	3
Mv: 4,7		2,0

I syfte att erhålla vilket arbetsmoment som upplevs tyngst samt för att erhålla en relativ arbetstyngd mellan rörlägningsarbete och andra arbeten har följande sammanställts. Sammanställningen gäller endast rörläggare.

VAD ÄR TYNGST

Ø 225-300	2
Ø 300-400	1
Riktningsjustering	1
Bottenavjämning	2
Ställa ut och flytta rören i rörgraven	2
Skjuta brunnar på ledn	1
Verktyg och redskap	2

ÄR ARBETET TYNGT

Mycket tungt	1
Tungt arbete	7
Ganska tungt	3
Inte speciellt tungt	2
Inte tyngre än annat annat byggjobb	1

### 3.4.3.2 ARBAN-analysen

Som tidigare framgått har s k Arban-analys använts för att bedöma den relativa arbetsbelastningen, dvs vad som jämförelsevis är tyngst inom det utförda arbetet.

Urvalet av studerade objekt har skett utifrån egna iakttagelser och bedömningar samt mot bakgrund av att finna arbeten med skilda ergonomiska förutsättningar (t ex beroende på rördimension, manuellt arbete, delvis mekaniserat arbete och ensamarbete). Urvalet har även skett mot bakgrund av att en utvärdering av alternativa arbetsmetoder skall kunna ske.

Arban-analysen har koncentrerats till rörlägningsarbetet, som bedömts ha den jämförelsevis största arbetstyngden. Analysen gäller därför endast yrkeskategorin rörläggare.

De arbetssteg som urvalts är

- Utjämning av rörgravsgrus (1 man)
- Utbärning av Ø 150 till rörgravskant (1 man)  
Steg 3A-3B
- Manuell läggning av Ø 150 (2 man)  
Steg 3B-5
- Delvis mekaniserad läggning av Ø 225 (2 man)  
Steg 3A-5
- Ensamläggning av Ø 225  
Steg 4A-5


Vid läggning av rör benämnes i följande redovisning den arbetare som trycker ihop röret för rörläggare, och den som lägger in röret i det föregående röret för medhjälpare.

Vid det analyserade ensamarbetet innehar arbetaren sålunda båda funktionerna.

En närmare beskrivning av arbetsförutsättningarna ges i följande sammanställningar.

Utgjämning av rörgravsgrus

Beskrivning	Utspridning, utjämning och nivåkontroll av grus längs rörgravsbotten. 1 man	
Vikter	Samkross 0/30	
Hjälpmedel	Skyffel	
Antal studerade cykler	2	
Antal observationer	32	Stoppintervall: 6 sek
Arbetscykel	1. Utspridning av gruset 2. Nivåkontroll	
Rörgravslängd	9,0 m	

	Ländrygg framåt bakåt böj	Tot. belastning på kroppen medelvärde
Mest belastade kroppsdelar		
Belastningskvot	5,5	2,87
Yttre krafter antal/medelvärde	25/1,3	375/1,12
%-andel statisk muskelbelastning	2,9	0,48



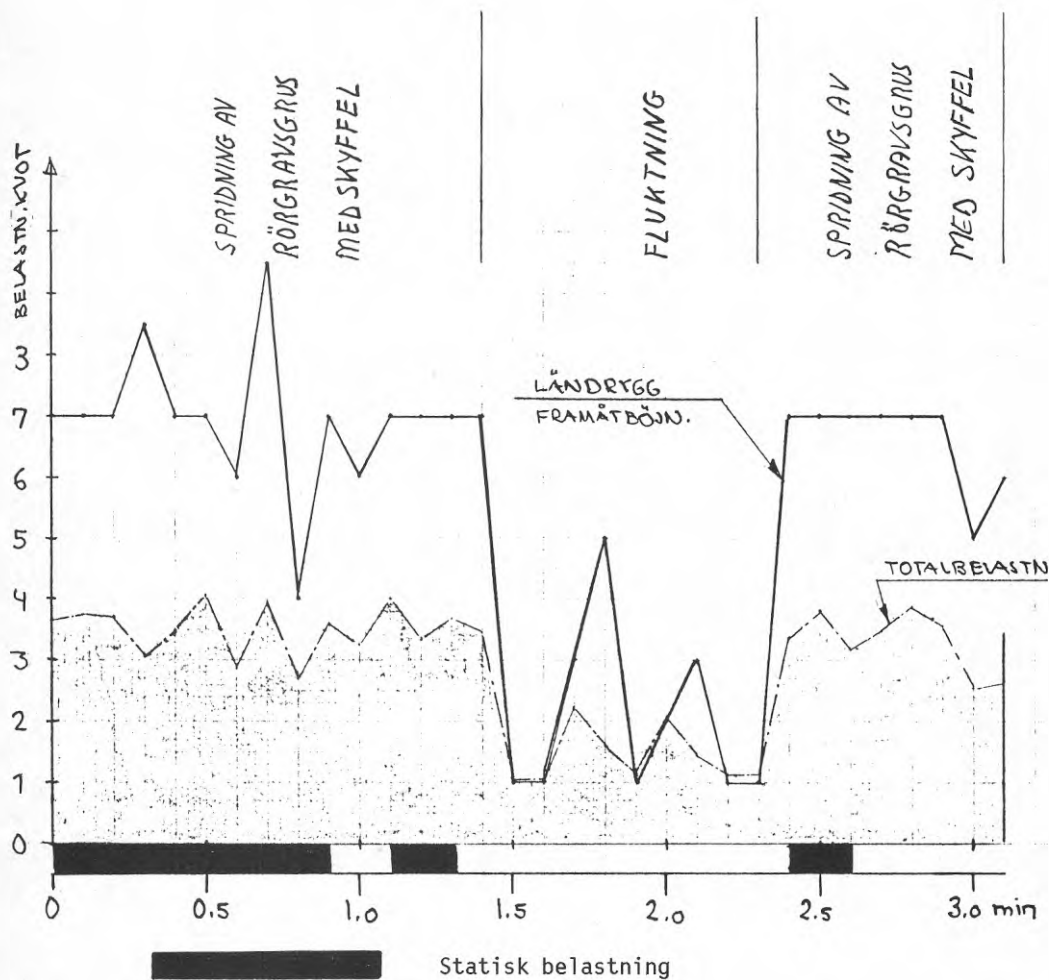







FIG 3.4 Arbetstid/belastningsdiagram.  
Utjämnning av rörgravsgrus.

# Utbärning av Ø 150 till rörgravskant (Steg 3A-3B)

Arbete	1 man bär betongrör från rörupplag (rörhäck) vid rörgravskant till utläggningsplatsen	
Vikter	Rör 51 kg/st	
Hjälpmedel	-	
Sträcka	Max 20 m	
Antal studerade arbetscykler	3	
Antal observationer	51	Stoppintervall: 3 sek
Arbetsmoment	1. Hämta rör 2. Förflytta rör till rörgravskant 3. Gå tillbaka till upplag	

	Ländrygg framåt bakåt böj	Knä- led	Flexion	Axel- led	Armbågs- led	Tot. belastn. på kroppen medelvärde
Mest belastade kroppsdelar						
Belastningskvot	2,8	2,6	2,5	2,3	2,3	2,06
Yttre krafter antal/medelvärde	17/0,7	22/0,8	22/0,8	17/0,7	17/0,7	295/0,64
%-andel statisk muskelbelastning	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

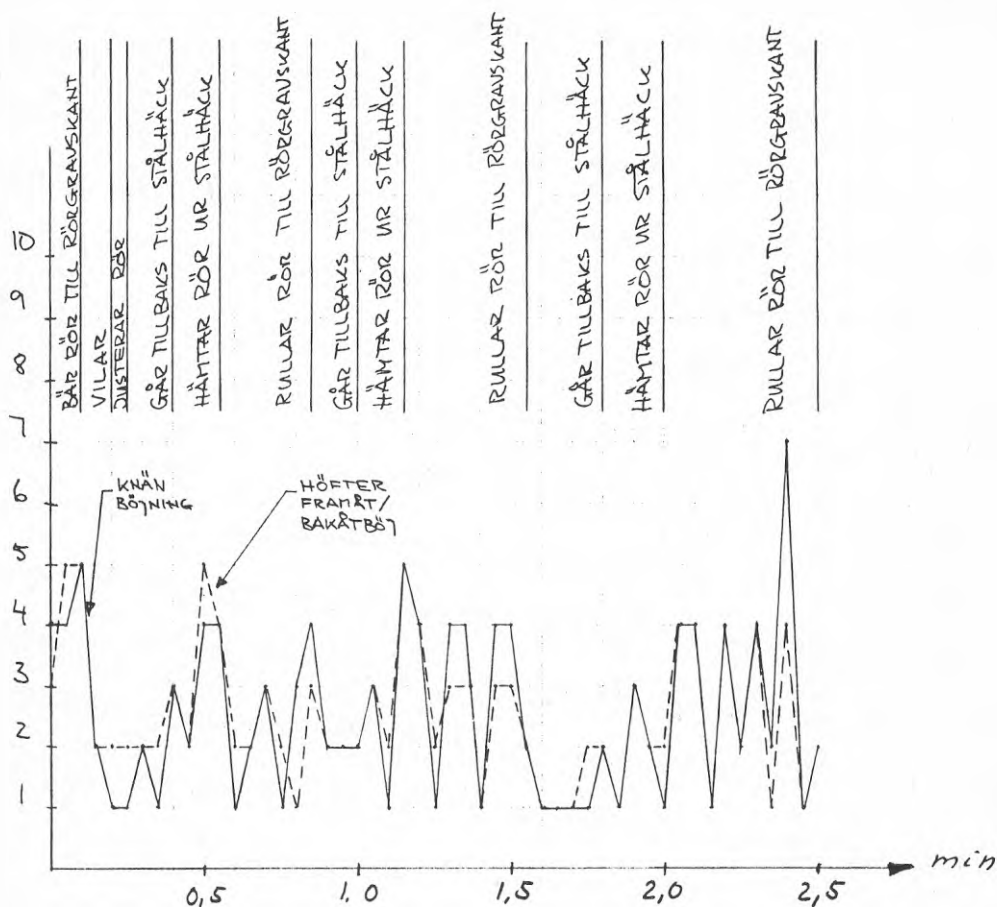


FIG 3.5 Arbetstid/belastningsdiagram (knän och höfter).  
Utbärning av  $\emptyset$  150 till rörgravskant.

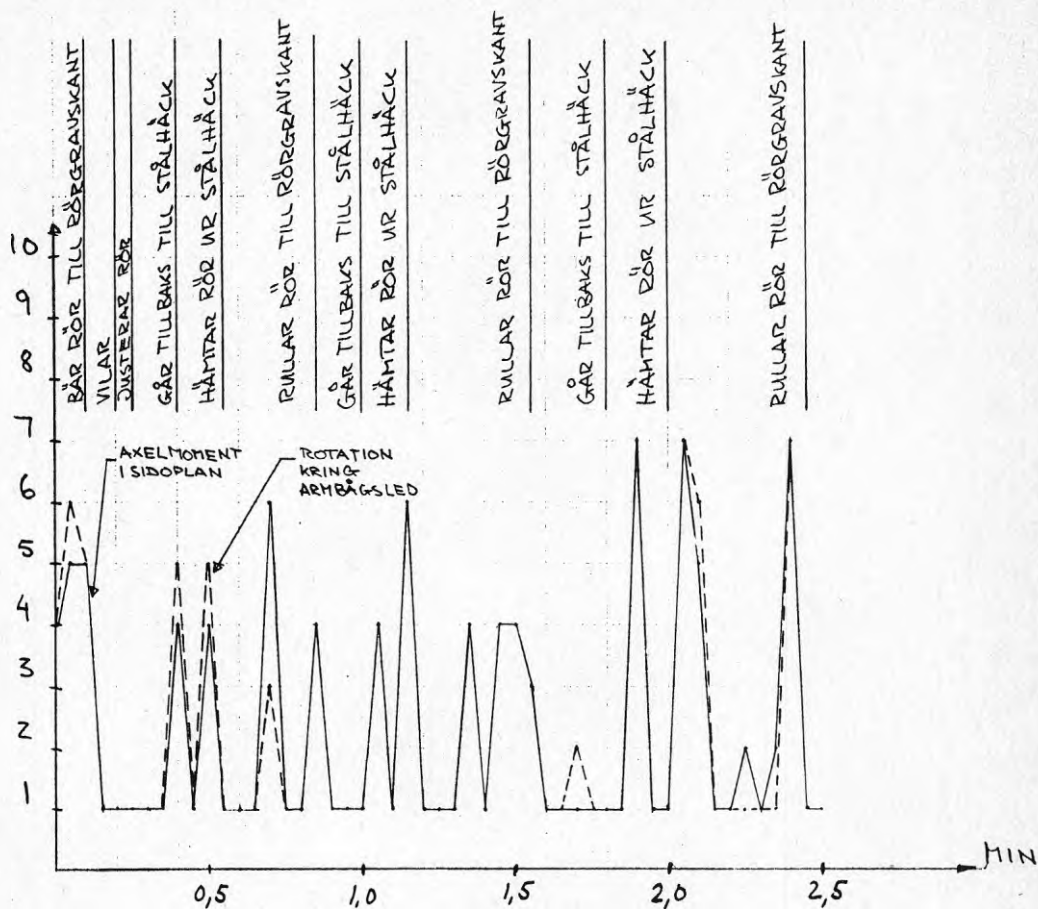


FIG 3.6 Arbetstid/belastningsdiagram (axel och armbåge).  
Utbärning av  $\emptyset$  150 till rörgravskant.

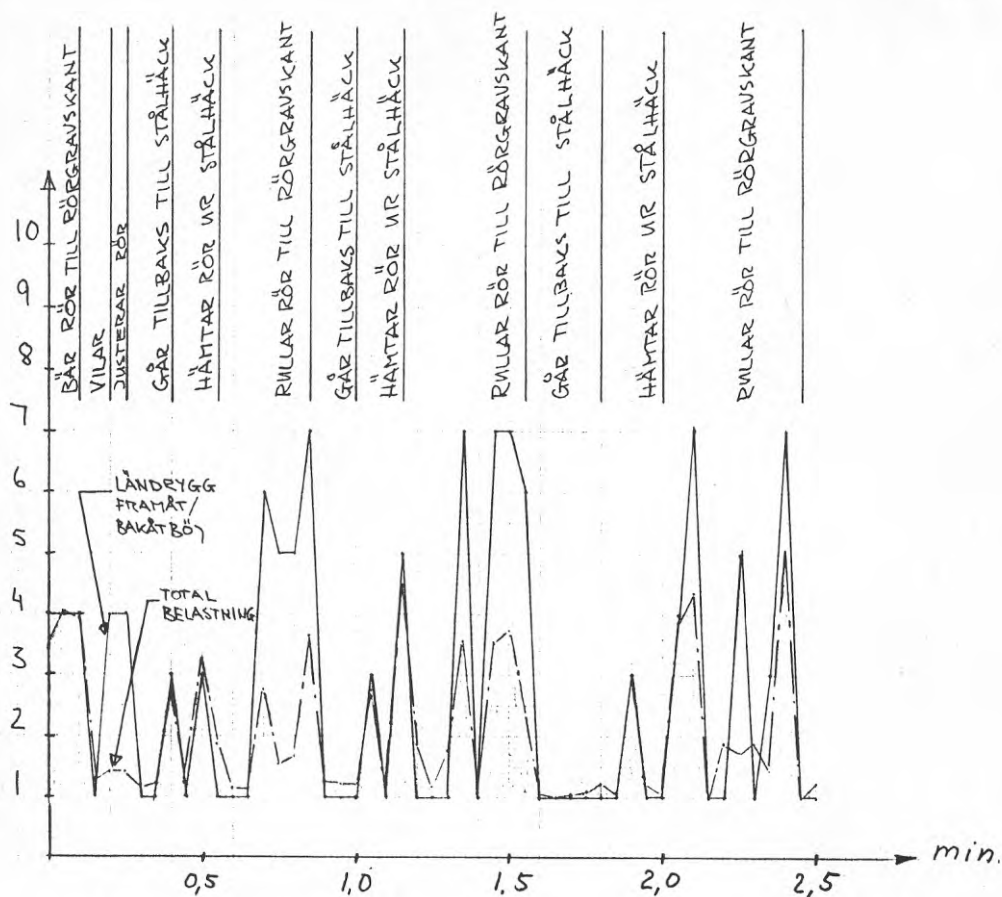






FIG 3.7 Arbetstid/belastningsdiagram (ländrygg och totalbelastning).  
Utbärning av  $\emptyset$  150 till rörgravskant.

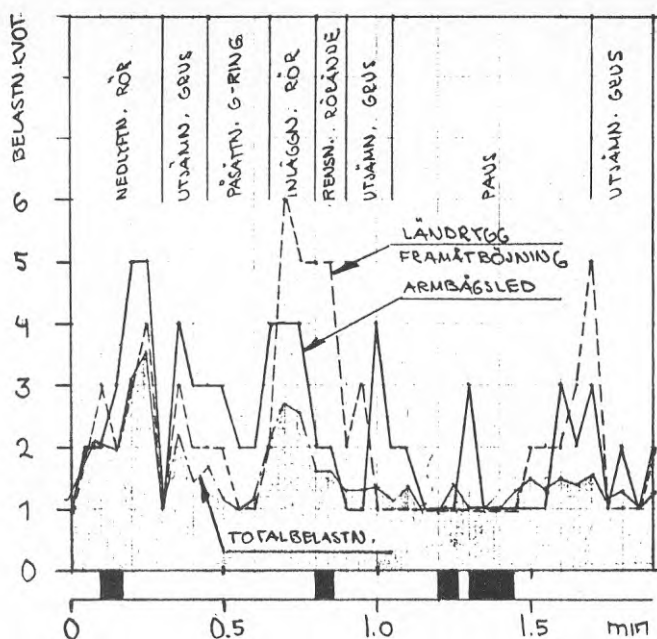


# Manuell läggning av Ø 150 (Steg 3B-5)

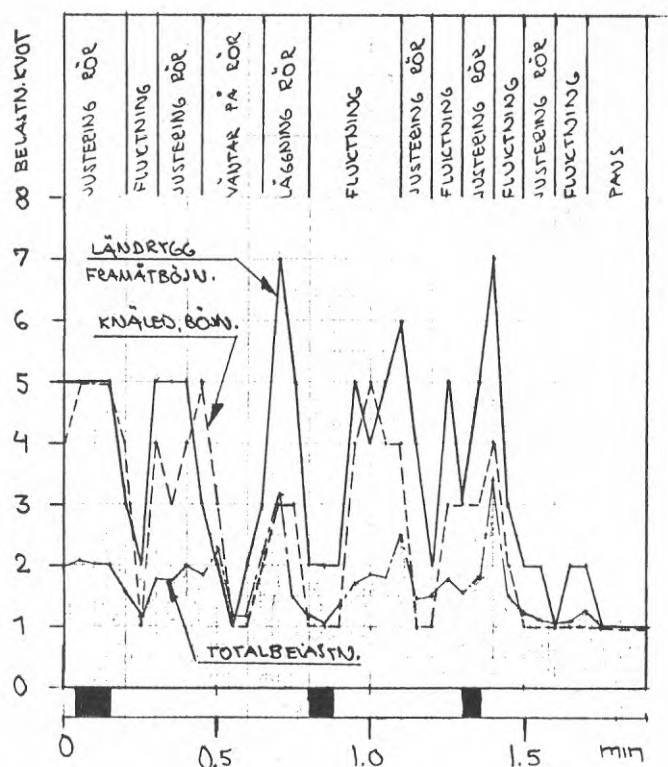
Beskrivning	Röret lyfts manuellt från rörgravskant ned i graven, där G-ring påsätts. Rören skjuts därefter ihop manuellt	
Vikter	51 kg/st	
Hjälpmedel	-	
Antal studerade cykler	1	
Antal observationer	40	Stoppintervall: 3 sek

	Rörläggare			Medhjälpare		
	Arbets- cykeln:	1. Nedlyftning rör 2. Ujämning grus 3. Påsättning G-ring 4. Inläggning rör 5. Rensning rörände 6. Utjämning grus 7. Paus 8. Utjämning grus		1. Justering föregående rör 2. Fluktning 3. Justering 4. Vänta på rör 5. Läggning rör 6. Fluktning 7. Justering 8. Fluktning		
	Armbågs- led	Ländrygg framåt bakåt böj	Tot. belastn. på kroppen medelvärde	Ländrygg framåt bakåt böj	Knäled	Tot. belastn. på kroppen medelvärde
Mest belastade kroppsdelar						
Belastningskvot	2,3	2,2	1,54	3,3	2,5	1,61
Yttre krafter antal/ medelvärde	9/0,3	9/0,3	138/0,24	4/0,1	5/0,2	66/0,14
%-andel statisk muskelbelastning	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0

## Rörläggare



## Medhjälpare







Statisk belastning

FIG 3.8 Arbetstid/belastningsdiagram.  
Manuell läggning av  $\varnothing 150$ .

Delvis mekaniserad läggning av Ø 225 (Steg 3A-5)

Beskrivning	G-ring påsätts och röret kopplas till grävmaskinsskopa av tredje man uppe på rörgravskant. Röret lyfts därefter ner i graven och läggs in i föregående rör hängande i kättingen	
Vikter	Rör 86 kg/st	
Hjälpmedel	Spett vid hopskjutning av röret. Skyffel vid justering av rörgravsgruset.	
Antal studerade cykler	2	Stoppintervall: 3 sek
Antal observationer	57	

	Rörläggare			Medhjälpare		
Arbetscykeln:	1. Mottagning och inläggning rör 2. Hopskjutning 3. Utjämning rörgravsgrus 4. Vänta på nästa rör			1. Mottagning och inläggning rör 2. Losstagning kedja 3. Justering rör 4. Vänta på nästa rör		
Mest belastade kroppsdelar	Ländrygg framåt bakåt böj 	Armbågsled 	Tot. belastn. på kroppen medelvärde	Ländrygg framåt bakåt böj 	Knäled 	Tot. belastn. på kroppen medelvärde
Belastningskvot	3,6	3,6	2,14	3,6	2,9	1,81
Yttre krafter antal/medelvärde	29/0,6	30/0,6	429/0,49	19/0,4	19/0,4	285/0,34
%-andel statisk muskelbelastning	0,0	0,0	0,00	1,2	0,0	0,99

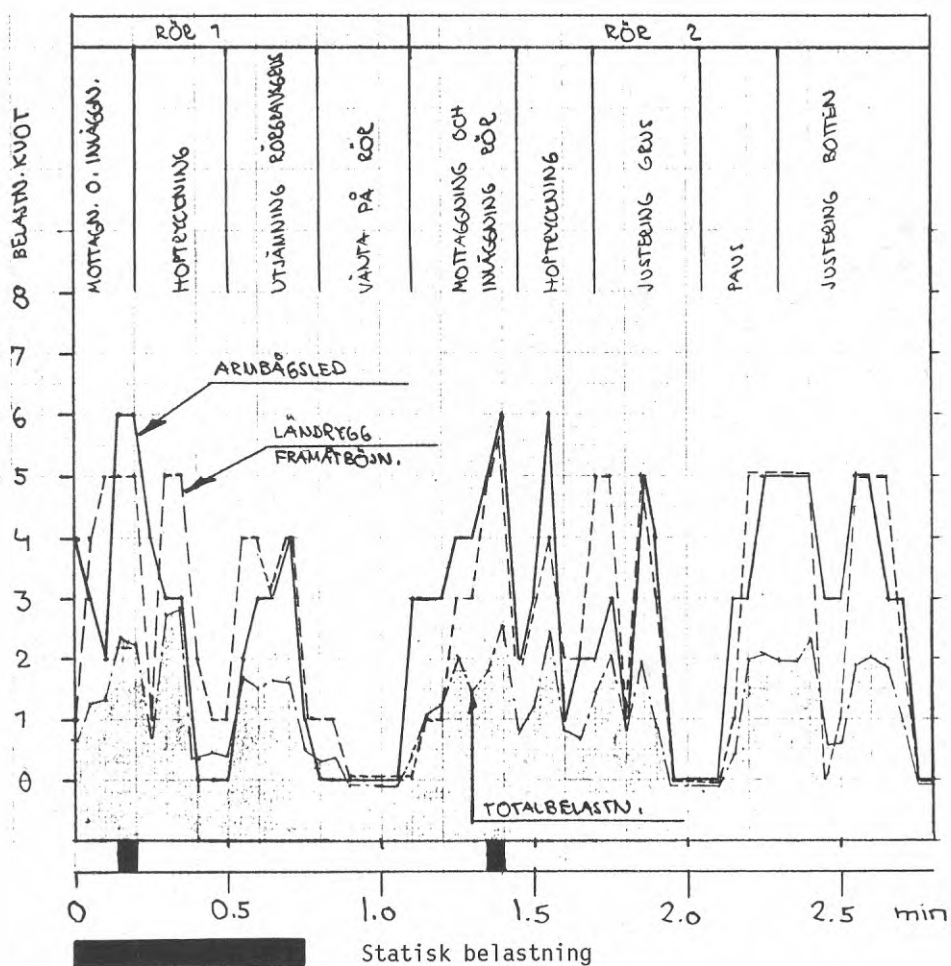


FIG 3.9 Arbetstid/belastningsdiagram.  
Delvis mekaniserad läggning av Ø 225.

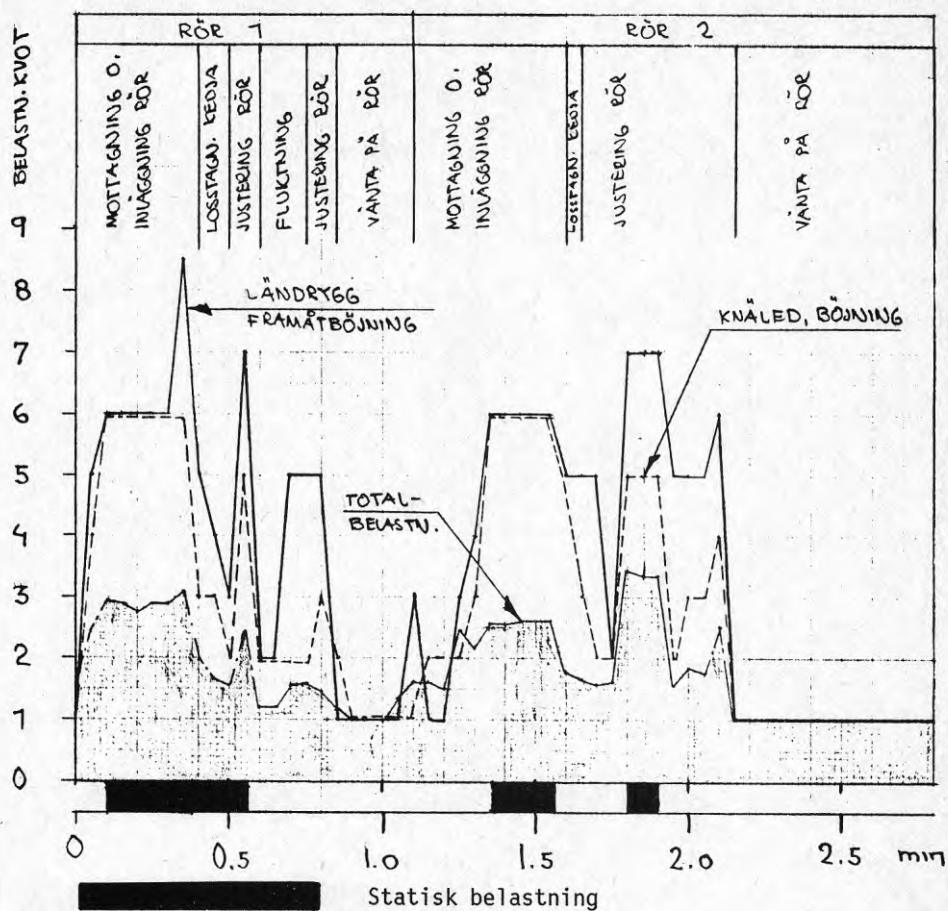





FIG 3.10 Arbetstid/belastningsdiagram.  
Delvis mekaniserad läggning av  $\varnothing$  225.



# Ensamläggning av Ø 225 (Steg 4A-5)

Arbete	1 man lägger Ø 225 betongrör i ospontad rörgrav	
Vikter	Rör 86 kg/st	
Hjälpmedel	Spett vid hopskjutning av rör	
Antal studerade arbetscykler	5 st	
Antal observationer	108	Stoppintervall: 3 sek
Arbetsmoment	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mottagning rör</li><li>2. Losskoppling kättning</li><li>3. Påsättning G-ring</li><li>4. Inläggning rör</li><li>5. Hopskjutning rör (spett)</li><li>6. Justering</li><li>7. Rengöring muff</li><li>8. Hämta G-ring</li></ol>	

	Armbågs- led	Ländrygg framåt bakåt böj	Axelled	Tot. belastning på kroppen medelvärde
Mest belastade kroppsdelar				
Belastningskvot	3,9	3,6	3,5	2,34
Yttre krafter antal/medelvärde	63/1,0	57/1,0	63/1,0	842/0,8
%-andel statisk muskelbelastning	0,0	0,0	0,00	0,0

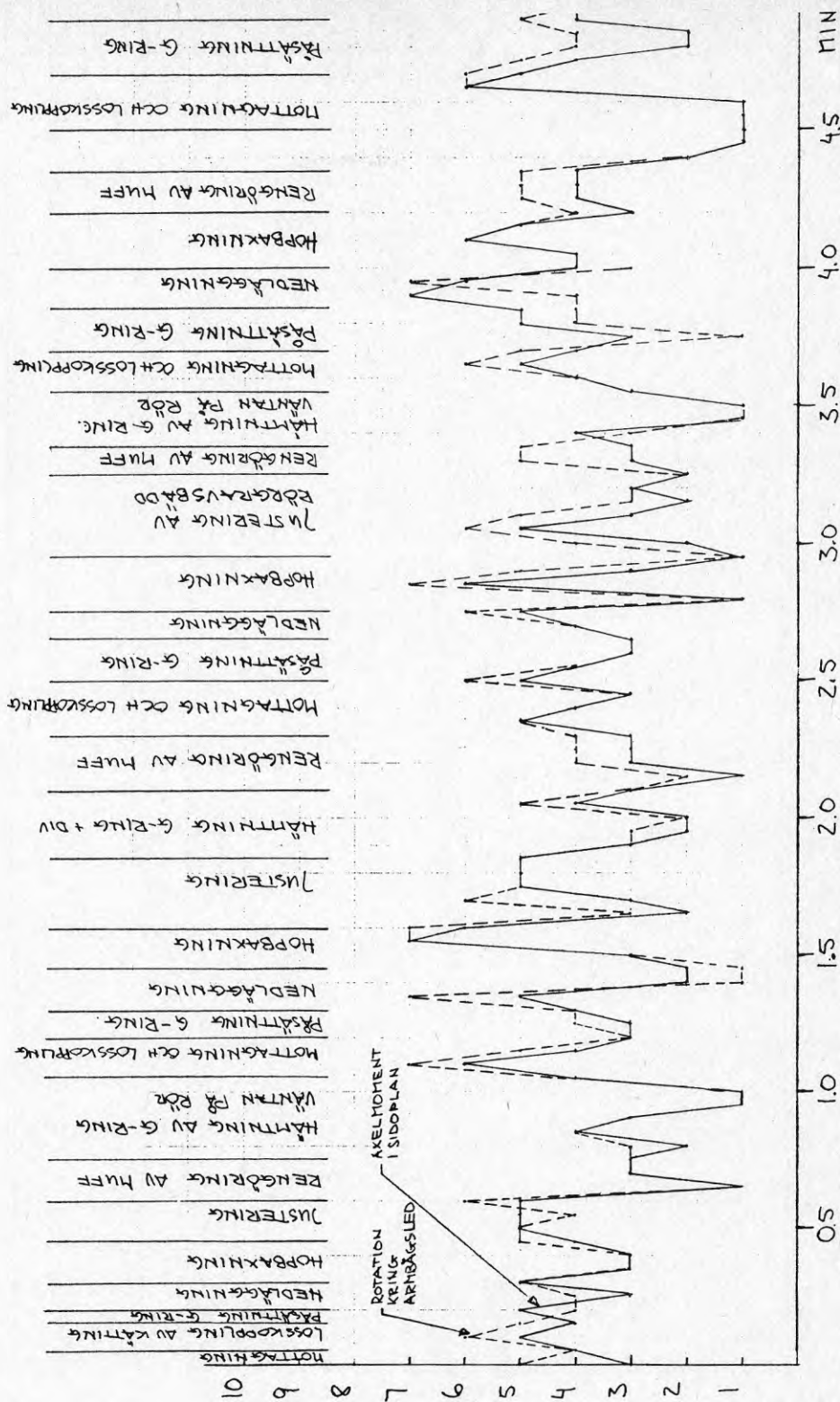


FIG 3.11 Arbetstid/belastningsdiagram (axel och armbåge).  
Ensamläggning av  $\varnothing$  225.

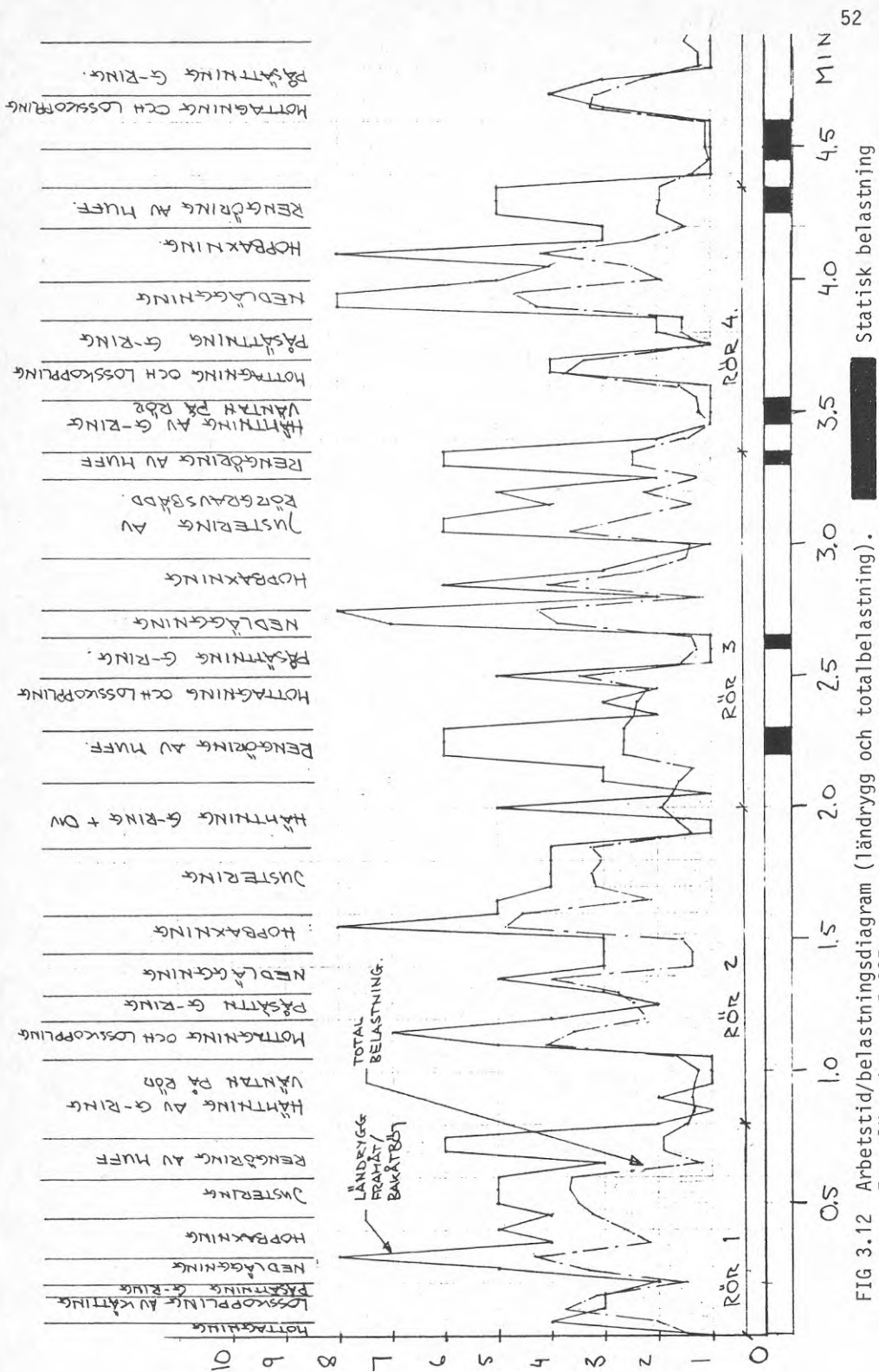


FIG 3.12 Arbetstid/belastningsdiagram (ländrygg och totalbelastning).  
Ensamläggning av Ø 225.

### 3.4.3.3 Observation

Som framgått av tidigare redogörelse har rörlägningsarbetet även bedömts av en sjukgymnast, Kristina Kemmlert, som för närvarande är verksam vid yrkesinspektionen i Stockholm. Redogörelsen bygger på kommentarer som avgivits i samband med observationstillfället.

Rörlägningsarbete är ett ordentligt tungt arbete, men när allt fungerar bra och man får möjlighet att anpassa arbetet efter sin egen arbetsrytm, så är det också ett arbete som bjuder på många omväxlande moment. Därmed belastas inte någon särskild del av kroppen, utan såväl nacke, rygg, axlar, armar som ben belastas ordentligt, men med varierande grad, beroende på det aktuella arbetsmomentet. Rörlägningsarbete är sålunda ett dynamiskt arbete med få statiska moment.

Vad man däremot vill förändra är till synes onödiga belastningsmoment som ligger utanför själva rörlägningsarbetet t ex vid omlastning och utplacering av rören. Där bör mekaniska hjälpmedel i så stor utsträckning som möjligt användas.

Sådana arbetsmoment som inte behöver skötas av mänsklig arbetskraft bör heller inte göra det (trots att många kanske gott och väl orkar lyfta de 51 kilona). Att lyfta ner rören i graven från rörgravskant eller att bära dem med utbredda armar (dvs att man tar fäste i rörets båda ändar) är mycket påfrestande för nacke, skulderregion och brösttrygg. Om t ex kätting kan användas för att bära av tyngden vid nedlyft och vid arbetet i rörgraven är det en stor fördel. Den som sköter kranen måste då ha bra uppsikt över arbetsplatsen, och kranen möjlighet att nå fram ordentligt.

Efterjusteringen av det lagda röret synes också vara mycket ryggpåfrestande. Rörläggaren justerar röret genom att skaka det upp och ned samt genom att flytta hela räckan i sidled (kraftig ryggböjning). Något förslag till eliminering av belastningen i detta moment är svårt att ge, själva momentet verkar också vara något av en "känslöfråga" för rörläggaren, som vill göra en sista kontroll av rörsträckan innan han godkänner sitt arbete.

Beträffande gummiringen, bör den sättas på när röret står på ända eftersom arbetssituationen blir för ostadig när gummiringen sätts på då röret hänger fritt i t ex en kätting, och när det ligger, får man böja sig i onödan.

Vid rörlägningsarbete är det också viktigt att man har gott om arbetsutrymme, vilket inte alltid tycks vara fallet. Vid planering, schaktning o d måste man alltså tänka på att man nere i graven får det ordnat så att man kan arbeta på rätt rätt. Man bör kunna stå med båda fötterna på samma sida om röret och ha

ett fritt utrymme bakom sig så man får rum att böja sig fram, utan att rörelsen hindras av gravväggen.

Man bör informera rörläggarna att använda skyffeln i större utsträckning vid justering av rörgravsgruset, så att de inte vänjer sig vid att använda insidan av foten till att justera gruset vid förberedelse för det följande röret.

Att upprepa en sådan rörelse är ofysiologiskt och påfrestande för insidan av knäleden och kan på sikt leda till knäledsbesvär.

Man bör instruera rörläggarna och förklara vikten av att använda spaden i detta sammanhang.

#### 3.4.4 Analys

##### 3.4.4.1 Allmänt

Analysen har skett med utgångspunkt från de i avsnitt 2.3 beskrivna rörhanteringsstegen.

Vid analysen har förutom tidigare redovisade data även egna iakttagelser och bedömningar vägts in.

##### 3.4.4.2 Rörhantering

###### Steg 1-2 och 1-3

(Transport från fabrik till mellanlager eller arbetsplatslager)

Vid de betongrörfabriker som besökts har rörtransporterna utförts med inhyrda lastbilar. Lastbilarna kommer från olika åkerier. Många är enbilsåkare.

De verktyg till lastbilskranen, som behövs för rörhanteringen, tillhandhålls av fabriken.

Av intervjuvaren kan utläsas att chaufförerna upplever olycksfallsrisker som halkning på flak, fall från flak och klämning vid rörhantering mer frekvent än andra faktorer. Detta medför att chaufförerna speciellt under lastnings- och lossningsarbetet måste beakta de olika riskmomenten.

Arbetsbelastning och arbetsställningar upplevs inte lika frekventa som olycksfallsriskerna. Inom grupperna har dock tungt arbete, ont i ryggen och klättring i samband med flakvistelse upplevts lika frekvent som olika olycksfallsrisker. Det bör här poängteras att intervjumaterialet för denna yrkeskategori är mycket litet, endast 3 st intervjuer.

Vid lastnings- och lossningsarbete används förutom lastbilskran även truck. För chaufförens del kan i samband med detta arbete belastningstoppar förekomma vid den manuella justeringen av betongrören på flaket, speciellt då truckföraren är ovan och



då rören hamnar utanför lastbilskranens verksamhetsområde. Ibland kan även mindre kvantiteter av rör av tidsmässiga skäl lossas helt manuellt.

Arbetsmiljöfaktorer som smuts, damm, kyla, drag, blåst och avgaser (bl a från egen bil) och i någon mån buller och vibrationer är också påtalade. De som hade ont i ryggen angav bl a växling mellan kall uteluft och varm luft i förarhytt vinter-tid samt väta och skakningar från lastbilen som orsaker.

Arbetsplatsernas vägar och lossningsplatser ansågs ofta vara undermåliga. Lastbilarna får åka på samma vägar som dumprarna. Detta medför att lastbilarna kan få skador som inverkar på trafiksäkerheten på allmän väg efter ett arbetsplatsbesök.

Lossningsplatserna på arbetsplatserna är ofta dåligt anlagda, vilket medför att stödbenen på kranen kan sjunka. Chaufförerna upplever även svårigheter med att få hjälp vid lossningen.

Enbilsåkare med ackordsuppgörelse kan uppleva stress då lastnings- och lossningstider blir utdragna.

Sammanfattningsvis kan konstateras att olycksfallsrisker upplevs som ett problem, samt att byggarbetsplatsen i vad avser transportvägar och lossningsplatser behöver förbättras.

### Steg 2-3

(Förflyttning från arbetsplatslager till rörgravskant)

Förflyttningen kan ske på en mängd olika sätt såväl maskinellt som manuellt. Det manuella bärandet sker i regel endast vid de mindre dimensionerna och innebär stora arbetsbelastningar (jfr Steg 3A-3B) och är därför ett direkt olämpligt arbetsmoment.

Vid de maskinella förflyttningarna sker oftast lastning och lossning manuellt.

Dessa moment innehåller många höga och plötsliga arbetsbelastningar med olämpliga arbetsställningar pga t ex upplagsplatsernas och transportfordonets utformning (t ex grävmaskinens skopa, hjullastarens skopa). Om lastningen och lossningen görs manuellt är denna mellantransport ur fysiologiska synpunkter mycket olämplig.

Överhuvudtaget kan sägas att all förflyttning av rör, oavsett dimension, bör utföras maskinellt. Detta ställer högre krav på arbetsplatsernas transportvägar, placering av upplag, tillgänglighet och maskinell utrustning. Detta bör förberedas redan i planeringsstadiet, och då helst i samråd med såväl arbetsplatsledning som lagbas.

### Steg 3A-3B

(Förflyttning vid rörgravskant)

Arban-analysen visar att höga belastningar på ländrygg, knän och armar/skuldror förekommer i samband med lyft och bäring. Bl a lyfts röret av 1 man med utbredda armar, dvs med fattning i rörändarna. Detta är en arbetsställning som människokroppen

inte är konstruerad för och kan därför lätt ge förskjutningar och skador.

I de fall rören rullas längs rörgravskanten ger sparkarna mot röret en olämplig belastning på knäleden.

I likhet med vad som sagts tidigare bör inte människan användas som transportredskap. Arbetet bör utföras maskinellt, och förutsättningarna härför grundläggas redan på planeringsstadiet.

#### Steg 2-4

(Förflyttning från arbetslager till rörgrav)

Transporten har i de studerade fallen skett maskinellt. Där emot förekommer, beroende på tillgänglig utrustning, manuell lastning och lossning. Den tillgängliga utrustningen, inverkar således på arbetsbelastningen.

Vid flera arbetsplatsstudier har från arbetsbelastningssynpunkt klart olämpliga maskiner och utrustningar använts. Vid transporter av rörbuntar med hjälp av kätting hängande i lyftarm utsätts rörläggaren för höga arbetsbelastningar och olämpliga arbetsställningar vid såväl lastningsarbetet i rörupplag som vid lossningsarbetet i rörgraven.

Detta bekräftas även av intervjuerna, där momenten "ställa ut och flytta rör i rörgrav", i vissa fall upplevs som det tyngsta.

I de fall utrustningen medger att lastning och lossning också kan ske maskinellt, kan flera olämpliga arbetsmoment undvikas.

I likhet med vad som sagts tidigare krävs för att man skall kunna eliminera de olämpliga arbetsbelastningarna, att man redan på planeringsstadiet skapar lämpliga förutsättningar för arbetet. Rörupplaget måste placeras på rätt plats och även förberedas så att lastning kan ske maskinellt. Man måste ta hänsyn till såväl yttre geografiska förhållanden som erforderlig utrustning. Utrustningen bör givetvis också kunna utplacera och lossa rören på aktuell lägningsplats.

#### Steg 3-4

(Förflyttning från rörgravskant till rörgrav)

Arbetet kan ske både manuellt och maskinellt. Vid tyngre rör och vid djupa rörgravar sker det som regel maskinellt.

Arban-analys har utförts för manuell nedlyftning av Ø 150 rör. Analysen visar hög belastning på armar/skuldror och ländrygg.

Av detta följer att manuell nedlyftning av rör, oavsett dimension, aldrig bör förekomma.

Av problemen i föregående steg förstås också att helhetslösning av rörhanteringen på arbetsplatsen bör eftersträvas.

Steg 4A-4B  
(Förflyttning i rörgrav)

Förflyttningen sker i de fall vi studerat uteslutande manuellt. Rören rullas, baxas, släpas eller bärs till lägningsplatsen.

Intervjuerna visar att detta arbetsmoment av flera upplevs vara bland de tyngsta. Arbetet utförs i de flesta fall i rörgravschakter som är trånga och på underlag som är ojämnt, mjukt etc, vilket kan ge upphov till höga och mycket olämpliga belastningar.

Steg 4-5  
(Läggning av rör)

Detta arbete utförs som regel manuellt. Arbetet börjar oftast med röret stående på muffänden för att gummiringen skall kunna sättas på.

Arban-analys har utförts på tvåmansarbete ( $\emptyset$  150) och på ensamarbete ( $\emptyset$  225).

Vid tvåmansarbete visar analysen för rörläggarens del (se tidigare definition) de relativt högsta belastningarna på skuldror/armar och på ländryggen. På skuldror/armar är det armbågsleden som är mest belastad och på ländryggen är det framböjning som ger upphov till den relativt höga belastningen.

Den höga belastningen på armbågsleden erhålles främst vid lyftning av röret, ryggbelastningen av naturliga skäl vid inläggningen av röret i föregående rör.

Analysen visar även att rörläggning är ett dynamiskt arbete med få statiska inslag.

Medhjälparen (se tidigare definition) uppvisar de högsta belastningar på ländrygg (framåtböjning) och på knäleder. Rygg och knän belastas främst vid riktningsjusteringen, som också är direkt beroende av hur man lyckats med rörbädden.

Även medhjälparen har ett dynamiskt arbete med få statiska inslag.

Totalt sett har medhjälparen en högre arbetsbelastning (1,61) än vad rörläggaren har (1,54). Detta torde bero på att rörläggaren får en kort paus under det att medhjälparen justerar det lagda röret.

Av intervjuerna framgår, i likhet med arban-analysen, också att framåtlutad arbetsställning upplevs mycket frekvent.

I samband med arbetet förekommer också direkt olämpliga arbetsätt, som t ex att jämna ut rörgravsgruset med foten, vilket på sikt kan ge upphov till ledbandsskador i knät.

Hopbaxningen av rör kan också ge upphov till höga arbetsbelastningar om fel arbetssätt används. Dessutom kan spettet, som mestadels används vid hopbaxning, släppa mot underlaget (rörgravsgruset) och därmed orsaka plötsliga olämpliga belastningar.

Vid en del av de studerade arbetena har man använt den wire-stropp, som skall underlätta för ryggen vid inläggning av röret. I vissa fall har även hopdragare använts. Metoder som bör användas mer!

Arbetsförhållandena försvåras också när tillräckligt arbetsutrymme i rörgraven saknas. Otillräckligt utrymme kan bero såväl på otillräcklig bottenbredd och/eller släntlutning, redan lagda ledningar eller stämp och hammarband i spontade rörgravar.

En analys av olika typsektioner för utförande av rörgravar har visat att otillräckliga arbetsutrymmen blir följden om dessa sektioner används.

Arban-analysen visar också att ensamarbete vid rörläggning måste undvikas. Detta arbetssätt har följaktligen den högsta totalbelastningen och den högsta inverkan av yttre krafter av samtliga studerade rörlägningsarbeten (Steg 3-5 eller 4-5).

#### Steg 3-5 (Från rörgravskant till rörledning)

Arbetet sker, i de fall vi studerat, maskinellt med hjälp av diverse lyftredskap såsom lyftkrok, lyftsax och kätting.

Jämfört med att förflytta röret manuellt i rörgraven, undviks eller underlättas flera besvärliga arbetsmoment t ex lastningsmomentet (lyftkrok, lyftsax), nedläggning och instickning av rörände i muff. Rörjusteringen underlättas också om maskiner hjälper till vid lyftet.

Arban-analys är gjord på mekaniserad läggning där rören transporteras med en kätting kopplad till skopan på en grävmaskin. Analysen visar att de höga belastningarna på ländrygg, skuldror/armar och knän finns kvar, men att de är lägre än vid det manuella arbetet i föregående steg. Belastningstoppar fås vid mottagning och inläggning, hoptryckning och justering av rörnivå. Kättingen kopplades loss innan hoptryckningen varför den inte var till någon hjälp vid nivåjusteringen.

#### Steg 2-5 (Från rörupplag till rörledning)

Arbetsmetoden innebär att röret utan mellanstation kan läggas på plats direkt från upplag.

I de fall denna metod har använts, har transporterna utförts av en lastbil med kran. Lastflaket har då använts till rörupplag, och vid läggning har rören sänkts ned till den aktuella läggningsplatsen. Rörupplaget följer på detta sätt med läggningen.

Av detta förstås att man undviker eller underlättar flera av de onödiga och tunga arbetsmoment som beskrivits i de föregående stegen.

De manuella arbetsmoment som återstår blir själva rörlägningsarbetet, alltså det som beskrivits i föregående steg (3-5).



Hur mycket som underlättas beror också på använda verktyg, lyftanordningens räckvidd etc.

#### Förarbete rörgrav (Utjämning av rörgravsgrus)

Intervjuerna visar att detta arbete, då det görs manuellt, upplevs som ett av de tyngre vid rörläggningen. Arban-analysen visar också höga belastningar på ländrygg, skuldror/armar och nacke. Arbetet ger även statiska belastningar i ländrygg och nacke. Arbetet utförs dock under relativt kort tid och arbets-tyngd och arbetstakt kan regleras av arbetaren själv. Arbets-tyngden kan också minskas genom att rätt sorts rörgravsgrus används.

Packningen av rörbädden görs oftast med vibratorslädar som bullrar och vibrerar.

För att undvika det mycket olämpliga nivåjusteringsarbetet av det lagda röret som beskrivits tidigare är det viktigt att rörgravsbädden kommer på rätt nivå. Ett lätt avläst nivåinstrument typ lasern är därför en stor fördel. Som lasern är konstruerad idag kan den dock inte användas överallt. Vi har också noterat att man vid en dåligt gjord rörbädd ofta jämnar ut gruset med insidan av foten innan röret läggs. Detta är en rörelse som kan leda till skador på knäleden.

#### 3.4.4.3 Rörläggaren

En analys av rörlägningsarbetet utifrån de psykologiska arbetskrav som Tavistock-forskarna uppställt (Emery, F. - Characteristics of Socio-Technical System - Tavistock Doc. 529 odat.) ger vid handen att arbetet är meningsfullt så till vida att uppgiften har ett meningsfullt mönster, som speglar beroendet mellan det individuella arbetet och slutprodukten (den färdiga rörledningen). I arbetet har man även möjlighet till en direkt återkoppling på skickligheten av det utförda arbetet (provtryckningen). Samhällsnyttan av det utförda arbetet är också lätt att förstå, varför relationskraven arbete-samhälle är goda.

Arbetet är omväxlande och innehåller ifråga om självstyrning stora möjligheter till val av verktyg och arbetsmetoder. Metodvalet begränsas dock av tillgänglig maskinell utrustning och till själva rörlägningsarbetet.

Rörlägningsarbete är innehållsmässigt ett bra arbete, vilket även intervjuundersökningen bekräftar. Rörläggarna anser att det är ett fritt arbete med bra kontaktmöjligheter.

Rörlägningsarbete kan även fysiologiskt vara ett bra arbete om de yttre betingelserna så medger. Av föregående avsnitt har det dock framkommit att många brister finns, bl a att rörläggaren tycker det är ett tungt, smutsigt, bullrande arbete som ger upphov till ryggont, bl a beroende på olämpliga arbetsställningar.

Noteras bör också att de positiva upplevelserna (bra samarbete och fritt arbete) tycks överstiga de negativa upplevelserna av arbetstyngden etc.



En förändring av rörläggarens arbetsvillkor får därför inte medföra en inskränkning av arbetsinnehållet, utan måste inriktas på att förbättra den fysiologiska upplevelsen av arbetet.

Om dessa grundläggande moment kan förbättras är rörläggning ett fint arbete, som verkligen kräver något av sin utövare.

#### 3.4.5 Slutsatser

Med anledning av vad som framkommit anser byggergonomilaboratoriet

- att information om ergonomiskt riktiga arbetsmetoder, utrustningar och material snarast utformas,
- att riktlinjer för utförande av rörgravsschakt (t ex MARK-AMA) omarbetas med hänsyn till ergonomiska förutsättningar,
- att byggplatsexterna och byggplatsinterna transportmetoder samordnas så att manuella omlastningar och mellantransporter av rör elimineras,
- att yrkesanpassade verktyg och hjälpanordningar utvecklas med syfte att eliminera de besvärliga arbetsmomenten och arbetsställningarna vid rörläggning, hopdragnings och riktningsjustering,
- att förutsättningar för ett utökat samråd mellan planerare, arbetsledning och arbetslag kring val av verktyg, maskiner, arbetsuppläggning, lagerplanering och arbetsutrymme bör undersökas,
- att man bör låta utprova tekniska, ekonomiska och ergonomiska konsekvenser av alternativa rörutformningar, t ex längre rör.

#### 3.4.6 Förslag

I syfte att få underlag till en förändring av dagens riktlinjer för utförande av rörgravsschakt (bl a MARK-AMA) bör arbetet i första hand inriktas mot att laboratoriemässigt utprova olika typsektioner med tanke på erforderligt arbetsutrymme. Byggergonomilaboratoriets fullskalelaboratorium bör kunna nyttjas för ändamålet.

I anslutning till dessa försök bör även följande manuella verktyg och hjälpanordningar i ett första skede kunna utvecklas och utprovas ergonomiskt,

- hopdragningsutrustning (utveckling av rörläggarspett, mekaniska utrustningar etc)
- rörkärra (för kortare manuella transporter)
- riktningsutrustning (förbättring av laser, utveckling av justeringsklossar och riktningsinstrument)

- alternativa rörbäddar (grusbäddsmaterial, lösplint-system)
- manuella rörlyftar (typ timmersax, krok etc).

Undersökningarna bör utmynna i förslag till nya arbetsanpassade rörgravsektioner och olika manuella hjälpmedel avsedda att minska arbetsbelastningen och att underlätta arbetet. I sammanhanget bör även undersökas hur utrustningsförslagen kan marknadsföras. Byggergonomilaboratoriet bör även kunna medverka vid utformningen av den ergonomiska informationen till rörläggarna samt vid utformning och utprovning av olika maskinella utrustningar och planeringssystem.

### 3.5 BEARBETNING AV ARBETSSKADESTATISTIK

I samband med projektet har behandlats 6 års (1972-1977) arbetsskador inträffade vid läggning av betongrör inom Skånska Cementgjuteriets vägavdelningar.

Sammanlagt har 154 skadefall bearbetats beträffande orsak och verkan enligt tabell på följande sida. Skador på händer (26 %) och fötter (24 %) utgör tillsammans hälften av skadorna. Detta motsvarar ungefär vad man finner i SCGs totala statistik, medan ryggskadorna i den totala statistiken utgör 10 % mot 13 % vid rörläggning. Frekvensen av skadorna relativt arbetade timmar har ej gått att beräkna. Vägavdelningens skadefrekvens är dock normalt lägre än SCGs totalt, ca 40 respektive ca 55 arbetsskador per 1 milj arbetstimmar.

Svårighetsgraden var för 1977 års "rörläggarskador" 25 sjukdagar/arbetsskada respektive 20 för skadorna totalt.

Av skaderapporterna framgår inte alltid vilken typ av rör som hanterats, ej heller i vilket skede av arbetscykeln skadan inträffat.

Av denna undersökning framgår trots ovan nämnda reservationer, vissa önskvärda åtgärder.

- Genom ny- och omkonstruktion av arbetsmetoder och arbetsverktyg torde både handsador, en del fotskador och ryggskador kunna minskas.
- Ben- och en del fotskador torde kunna minskas med bättre metoder för säkring av rörgravsslänter. Kan sådana metoder och anordningar framtogs, att visstelse i rörgravarna ej alls behövs eller minimeras, torde mycket vara vunnet. "Schaktras och dylikt" utgör ju också 17,5 % av olycksorsakerna.
- Ögonskador, åsamkade vid håltagning i brunnar och kapning av rör etc, bör kunna undvikas med bättre håltagningsmetoder och utrustning, ökad användning av färdiga prefab-brunnar samt större utbud av olika längder på skarvrör. Man kan också anta att ovan nämnda önskemål sannolikt kan minska andra av de rubricerade skadorna.

Samband mellan skadeorsaker och skadade kroppsdelar vid rörlägningsarbeten

Data hämtade ur Skånska Cementgjuteriets välgavdelningars arbetsskaderapporter 1972-77, totalt 154 olycksfall

Orsaker	Huvud Hals	Öga	Axel arm	Handled hand	Bål utom rygg	Rygg ryggrad	Höftled Knä, ben	Fotled	Övriga	Summa	%
Fogning av rör				11	1	2	2			16	10,4
Läggning av rör	1		1	2		4	3	6		17	11,0
Rörlyft			1	1	1	9		4		16	10,4
Rullande rör			1	1	1		1	1		5	3,2
Lastning och lossning			1	5	2	1		7		16	10,4
Kapning av rör		6		2						8	5,2
Brunnsmontering	1	1		9	1	2	3	5		22	14,3
Fall			1	1		2	1	1	2	8	5,2
Schaktras o dyl			1	4	2		10	10		27	17,5
Grävmaskin e dyl	1	1	3	3	1			1		10	6,5
Övriga orsaker		1		2	1		2	2	1	9	5,8
Summa skador	3	9	9	41	10	20	22	37	3	154	100
%	1,9	5,8	5,8	26,6	6,5	13,0	14,3	24,0	1,9	100	

Utvärderingen av de arbetsmetoder vi studerat vid arbetsplatsbesöken har omfattat tekniska, ekonomiska och ergonomiska aspekter. Vi har följt hanteringen av betongrören från fabrikslagret till den färdiga ledningen i rörgraven, med tonvikten lagd vid hanteringen på arbetsplatsen och nedläggningen och hopskjutningen av rören. Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Rörtransporterna från fabriken till mellanlagret på arbetsplatsen kan bli billigare totalt, om man kan ordna det så, att en hjullastare med flerpinnsgaffel lossar lastbilen på arbetsplatsen. Man slipper därvid kostnaden för bilkranen, som är större än de flesta tror. Eftersom lastningstiderna ofta är långa i samband med sk blandlass, bör det också vara dags att pröva nya transport- och hanteringshjälpmedel, som t ex växelflak, pallramar och stålhackar. Mer om detta under kapitel 4.
- Den lägningsmetod, som valts som "normalmetod", innebär att hjullastare används för hämtning av rör och grus samt för nedsänkning av rör och utspridning av grus i rörgraven. Finjustering av rörgravsbotten, liksom omkulläggning och hopskjutning av rören, görs manuellt av två rörläggare. Metoden är väl etablerad i branschen och i denna rapport använder vi den som bas för utvärderingen av såväl dagens metoder som alternativa metoder under kapitel 4.
- Ur ekonomisk synvinkel är metoden, där rören hanteras med en "tång" (se beskrivning i avsnitt 2.3.7) hängande i en grävmaskinskopa, ungefär likvärdig med "normalmetoden". Läggningskapaciteten är dock lägre, varför dess användning bör inriktas på tillfällen då en högre kapacitet ej kan utnyttjas.  
  
Båda dessa metoder har fördelarna att de kräver små extrainvesteringar, eftersom de flesta arbetsplatser ändå utnyttjar hjullastare i större eller mindre omfattning. Utrustningen är därigenom flexibel och det är ett av de starkaste kraven från arbetsledarhåll.
- Förekomsten av rörskador beror på flera faktorer, främst transportsätt och antal omlastningar. Ingen av de studerade metoderna kan sägas vara tillfredsställande i detta avseende. Det förekommer för det mesta många förflyttningar och omlastningar av rören på arbetsplatserna liksom olämpliga transportsätt, t ex flera rör fritt hängande i kätting eller rör löst liggande i hjullastarskopa. Vi har därför i kapitel 4 närmare utrett användningen av pallramar och stålhackar.
- I den ergonomiska utvärderingen kritiserar den manuelle hanteringen av betongrören, bl a i- och urlastningen av rör i hjullastarskopa, förflyttningen och omkulläggnings av rör nere på rörgravs-

botten, finjusteringen av rörgravsbotten, efterjusteringen av rörläget m m. Dagens metoder innehåller alltid ett eller flera moment av tungt manuellt arbete. Målet vid utvecklandet av alternativa metoder måste vara att få bort så många som möjligt av dessa.

Ur ergonomisk synpunkt är läggning med hjälp av grävmaskin och "tång" klart gynnsammare än den s k normalmetoden. Röret flyttas utan något manuellt lyft direkt från rörgravskanten till rätt läge i rörgraven. Hopskjutningen (med spett), liksom efterjusteringen av röret, sker dock fortfarande med muskelkraft.

- De flesta olycksfallen drabbar rörläggarna vid inriktning och hopskjutning av rören i form av klämnings-skador på händer och fötter samt vid olika typer av schaktras genom skador på fötter och ben. Ryggskador är däremot tämligen få enligt statistiken, sannolikt beroende på att ryggen skadas genom förslitning och därför ej rapporteras som olycksfall.

Så länge som personal överhuvud taget måste finnas i rörgraven, måste man således visa yttersta försiktighet i samband med såväl schaktning som rensning och skrotning av slänterna. Detta är dock mera en fråga om omdöme än utveckling av ny och bättre utrustning.

- Kapitel 3 kan också summeras i form av en kravspecifikation för nya metoder eller ny utrustning:

Flexibilitet - alternativa användningsområden för maskinutrustningen.

Lämplig läggningskapacitet - gynnsam ekonomi.

Lastbärare för rationellare hantering, färre rörs-kador samt möjligheten att transportera fram "obrutna" lastenheter ända till rörgraven.

Förbättrad ergonomi, främst färre tunga manuella lyft.



Vid arbetsplatsbesöken har vi försökt kartlägga dagens metoder för rörhantering. Nästa steg i arbetet har varit att spåra upp, sammanställa och bedöma någon eller några nya metoder. Vi har därför kontinuerligt bevakat tidskrifter och annan litteratur samt även varit i kontakt med större tillverkare av entreprenadmaskiner, kranar, transportutrustningar etc.

Vi ansåg på ett tidigt stadium att det inom skogsindustrin kunde finnas vissa möjligheter att hitta lämplig maskinell utrustning. Skogsmaskiner har ju dels förmågan att ta sig fram i obanad terräng, dels utrustning för lyft och hantering av timmer. Dessa faktorer bör vara av stort värde även vid rörlägningsarbete och det blir troligen fråga om endast måttliga modifieringar och ombyggnader. I det följande har vi behandlat två nyheter på skogsmaskinfronten, modellnamnen "Combi" och "Myran". Övriga alternativ har vi kommit i kontakt med via arbetsplatsbesöken, företagskontakter och litteraturbevakning.

Beträffande transporten av rören från fabrik till arbetsplats (eller förråd), har vi lagt ned mera arbete på dessa frågor än vad som ursprungligen var tänkt. Detta beroende på att vi "såg vissa tänkbara lösningar framför oss" som borde vara positiva ur både ekonomisk och ergonomisk synpunkt.

#### 4.1 ANVÄNDNING AV VÄXELFLAK VID TRANSPORTERNA FRÅN FABRIK TILL ARBETSPLATS

##### 4.1.1 Beskrivning

Istället för konventionellt fordon, förser man såväl bil som släp med utrustning för användning av växelflak. Här räknar vi med det längsta standardflaket ( $L = 7,15$  m) på både bilen och släpet. För att flaket hela tiden ska vara horisontellt är det utrustat med 4 stödben. När bilen ska ta ett på stödbenen stående flak backar den in under flaket, lyfter upp den speciella "ramen" så att stödbenen frigöres från marken, faller upp stödbenen och sänker "ramen" igen till normalläge, varefter flaket låses. Vid avställning av flaket sker samma saker fastän i motsatt ordning. Figur 4.1 visar principen.

Man kan således använda flera omgångar flak till ett och samma fordon, varvid en omgång flak (här 2 st) lastas vid fabriken medan bilen är iväg med ett lass. Härav namnet växelflak. När bilen kommer tillbaka behöver den bara ställa av de 2 tomma flaken och ta de lastade. Denna manöver (växling) beräknas ta ca 15 min utan och 18 min med släpmonterad kran.

Vid upprepade transporter till en och samma arbetsplats (eller förråd) kan givetvis flaken kvarlämnas (växlas) även där. Vi räknar dock inte med detta i denna undersökning eftersom detta fall inte så ofta föreligger.



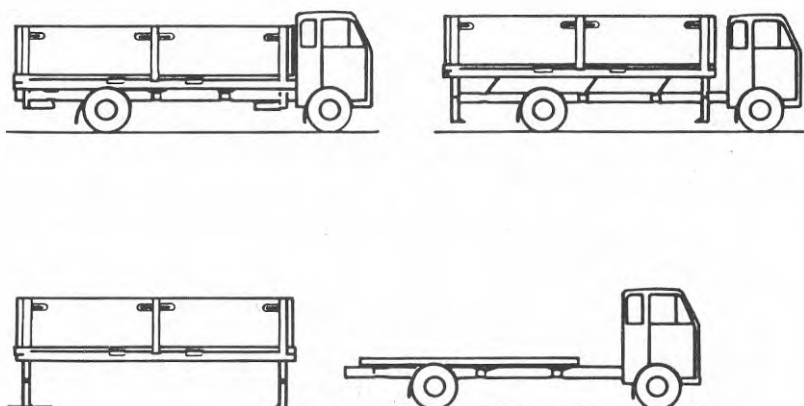


FIG 4.1 Väckelflak på bil utan släp.

Således räknar vi här med konventionell lossning på arbetsplatsen (eller förrådet). Vi kan därvid skilja på 3 olika metoder för lossningen vid användning av väckelflak:

- Lossning med hjullastare utrustad med speciell flerpinnsgaffel (tid = 45 min/lass).
- Lossning med "hyttmonterad" bilkran. Denna "normalmetod" i detta sammanhang innebär att man kopplar av släpet "vid stora vägen" och kör in på arbetsplatsen och lossar bilen med dess bilkran, varefter bilen kör tillbaka och växlar flak med släpet och kör in och lossar detta flak på samma sätt. Därefter kör han till stora vägen, kopplar släpet och kör hem till fabriken. Vi räknar här med en extra växlings- och körtid på 20 min/lass (Total tid = 80 min/lass).
- Lossning med bilkran monterad fram till på släpet. Detta är vad vi känner till, en metod som tidigare inte använts i samband med väckelflak. Man måste ta hänsyn till kranmontaget vid konstruktion av släpet, men merkostnaden är endast marginell. Dessutom måste kranens hydraulslangar försees med snabbkopplingar mellan bilen och släpet. Kranen får ha sådan utläggning och kapacitet att den kan lossa både bil och släp (t ex HIAB 1165 AW). Vi slipper vid denna metod den extra växlings- och körtiden i samband med lossningen (lossningstid = 60 min/lass).

#### 4.1.2 Teknisk-ekonomisk utvärdering

Man kan konstatera att användning av växelflaksystem har både positiva och negativa inslag, men att de positiva klart överväger.

##### Några negativa effekter

- Utrustningen ökar ekipagets tomvikt varför lastförmågan blir något mindre. Detta har givetvis betydelse endast när fordonets lastförmåga kan utnyttjas till fullo.
- Om man skall ha kran på bilen så måste den vara "hyttmonterad" d v s monterad strax bakom hytten. Bakmonterad kran på bilen kan inte användas (däremot kan kran monteras framtill på släpet).
- Utrustningen kräver något större investering än konventionellt fordon, men är beroende av hur många omgångar flak man behöver per fordon. Detta är i sin tur beroende på bl a det genomsnittliga transportavståndet till kunderna. I regel torde det räcka med 2 omgångar (4 flak) flak per fordon. Vi räknar med att timkostnaden för ett växelflaksekipage (3-axlig bil + 2-axligt släp) utan flak är lika stor (150 kr/tim) som ett likadant konventionellt ekipage med fasta flak.

##### Några positiva effekter

- Man får korta terminaltider vid fabriken vilket bidrar till att man ofta hinner en vända till per dag.
- Truckförarnas arbete med lastning blir mindre stressande.
- Man kan sprida lastningen över dagen på ett bättre sätt och kan minska truckarnas belastning på morgonen. Detta gör att man ev kan minska antalet gaffeltruckar vid fabriken.

Vi skall nu titta lite närmare på ekonomin med växelflak.

##### Kalkylförutsättningar

- Lossningstider (uppskattade):
 

Med hyttmonterad bilkran (flakväxling = 20 min)	= 80 min (= 1,33 tim)
Med släpmonterad bilkran	= 60 " (= 1,0 " )
Med hjullastare	= 45 " (= 0,75 " )

- Terminaltid vid fabriken (uppskattad):

Bilens tid för växling av  
2 flak (hyttmonterad kran) = 15 min (= 0,25 tim)

Bilens tid för växling av  
2 flak (släpmonterad kran) = 18 min (= 0,30 " )

- Lastningstid:

Eftersom lastningstiden är så starkt beroende av utrustning och lastsammansättning, varierar tiden för gaffeltrucken och 2 flak mellan 30-120 min/lass i nedstående diagram. Detta för att läsaren själv skall kunna välja för honom aktuell lastningstid.

- Transportavstånd och hastigheter:

I enlighet med 3.3 väljes

Transportavståndet = 50 km (enkel väg)

Hastighet med last = 45 km/tim

" utan last = 55 km/tim

Med ovanstående förutsättningar kan följande beräkningar göras.

#### Lastningskostnad vid fabriken

Enligt kalkyl i bilaga 12 fås lastningskostnaderna till:

Vid 30 min lastningstid = 50 kr/lass (= 2:19 kr/ton)

Vid 120 " = 200 kr/lass (= 8:77 " )

För jämförelse med konventionell bil med släp och kran har motsvarande kostnader hämtats från kap. 3.3.1 och lagts in i nedstående diagram.

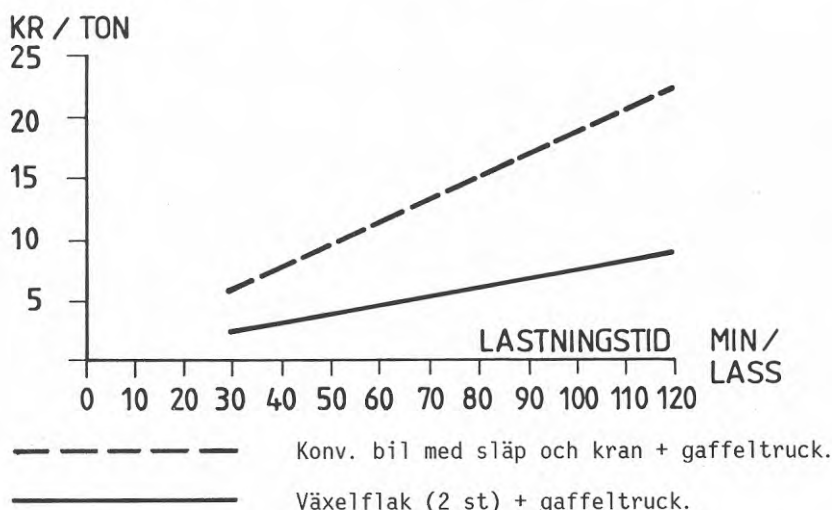


FIG 4.2 Lastningskostnad vid fabriken för olika transportutrustningar.

Man kan av diagrammet se att det är 3-13 kr/ton billigare att lasta ett växelflaksekipage än ett konventionellt ekipage (kostnaden för växling av flaken har hänförs till transporten och finns med där). Här används inga hjälpmedel av typ pallar eller stålhäckar. Inverkan av sådana behandlas i kap 4.7.

Total transportkostnad - ekipage med hyttmonterad kran  
(22,8 ton)

Enligt kalkyl i bilaga 12 erhålls följande kostnad vid

30 min lastningstid:

Lastning	=	50 kr/lass
Transport	=	473 "
Lossning	=	279 "
		<hr/>
		802 kr/lass = 35:18 kr/ton

120 min lastningstid:

Lastning	=	200 kr/lass
Transport	=	473 "
Lossning	=	279 "
		<hr/>
		952 kr/lass = 41:75 kr/ton

Total transportkostnad - ekipage med släpmonterad kran  
(22,8 ton)

Enligt kalkyl i bilaga 12 erhålls följande kostnad vid

30 min lastningstid:

Lastning	=	50 kr/lass
Transport	=	483 "
Lossning	=	210 "
		<hr/>
		743 kr/lass = 32:59 kr/ton

120 min lastningstid:

Lastning	=	200 kr/lass
Transport	=	483 "
Lossning	=	210 "
		<hr/>
		893 kr/lass = 39:17 kr/ton

Total transportkostnad - ekipage utan kran (24,3 ton)

Enligt kalkyl i bilaga 12 erhålls följande kostnad vid

30 min lastningstid:

Lastning	=	50 kr/lass
Transport	=	383 "
Lossning	=	221 "
		<hr/>
		654 kr/lass = 26:91 kr/ton

120 min lastningstid:

Lastning	=	200 kr/lass
Transport	=	383 "
Lossning	=	221 "
		<hr/>
		804 kr/lass = 33:09 kr/ton

Efter ovanstående värden kan följande diagram uppritas:

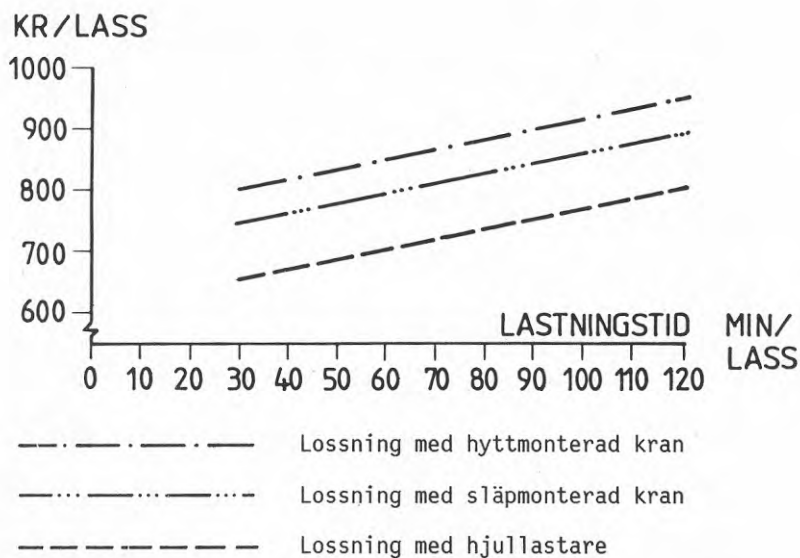


FIG 4.3 Transportkostnad (kr/lass) inkl lastning och lossning.

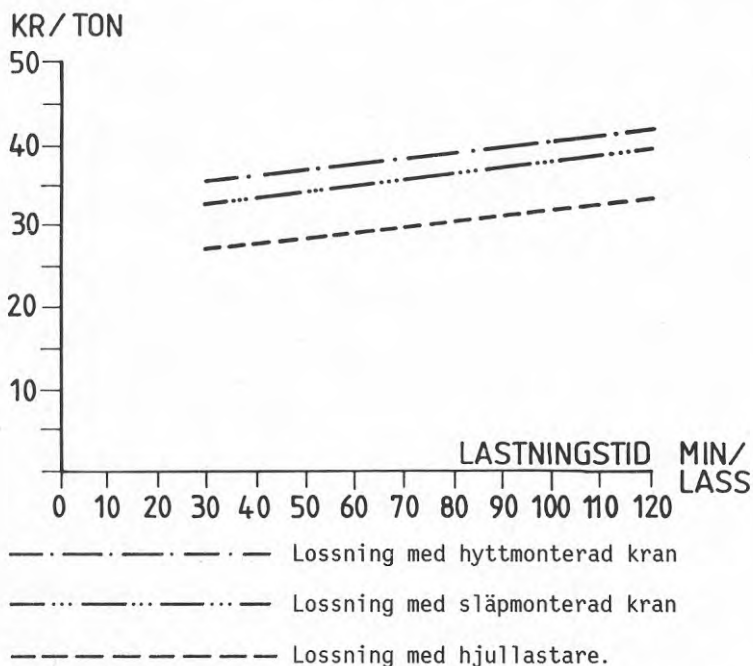


FIG 4.4 Transportkostnad (kr/ton) inkl lastning och lossning.

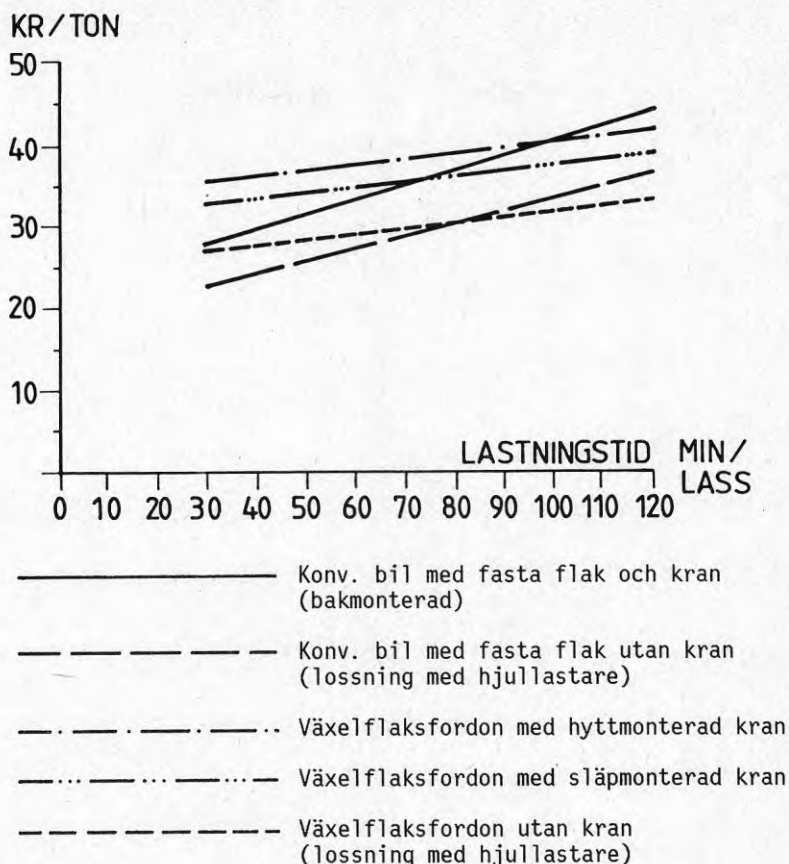


FIG 4.5 Transportkostnadsjämförelse, växelflak - fasta flak.

#### Sammanfattning och kommentarer

Diagrammen ovan gäller för 50 km transport (enkel väg). Vid kortare transporter blir växelflaken mera lönsamma med i övrigt oförändrade förutsättningar. Detta beroende på den större möjligheten att hinna med en vända till per fordon och dag.

Vid växelflaksalternativet med hyttmonterad kran spelar avståndet "stora vägen - arbetsplatsen" en viss roll. Möjligen har vi här varit för pessimistiska och anslagit väl lång tid (20 min) för körning och växling.

Det är inte alltid man behöver utnyttja fordonets lastförmåga till fullo utan man tar lika stort lass oberoende av möjligheterna. I dessa fall blir givetvis växelflaken ännu mera förmånliga, eftersom de i detta hänseende påverkar kalkylerna negativt, genom en viss reducering av bilens lastförmåga.



Vid 2 tim lastningstid och konventionell kranbil är idag (vid 50 km transport) kostnaden c:a 44 kr/ton, men kan med växelflak och lossning med hjullastare sänkas till c:a 33 kr/ton. Det gör en skillnad på 11 kr/ton eller 25%.

Om lastningstiden till stor del är över 1 tim bör man gå över till växelflak, oberoende av hur lossningen sker. För detta talar kostnaden vid släpmonterad kran, men även om alternativet med konventionell bil och hyttmonterad kran "tål" en lastningstid av c:a 90 min så påverkas behovet och utnyttningen av gaffeltruckarna vid lastning så positivt av växelflak att det även i detta fall bör vara motiverat att gå över till växelflak. Växelflaken blir även mer och mer lönsamma med åren eftersom kostnadsbilden förändras i den riktningen.

Om det förekommer transporter av den typ (upprepade transporter till samma plats, förråd eller annan fabrik) att man kan lämna växelflaken på platsen, så är växelflaksalternativet kostnadsmässigt, helt utan konkurrens, oberoende av hur lossningen sker.

Av diagrammet ovan framgår också att man bör eftersträva lossning med hjullastare så att bilkranen kan undvaras. Detta gäller vid såväl konventionella fordon som fordon med växelflak. Här måste dock arbetet på arbetsplatsen läggas upp så, att hjuallastaren finns tillgänglig för lossning när bilen kommer. Detta innebär en utökad och noggrannare transportplanering från både rörleverantör och arbetsplats.

Dessutom krävs att dessa bilar alltid (på alla arbetsplatser) kan lossas med hjullastare för att bilkranen skall kunna undvaras. Eftersom det med stor sannolikhet alltid kommer att finnas arbetsplatser där en hjullastarbaserad teknik inte lämpar sig, så bör rörleverantören ha någon bil utrustad med kran och då i första hand släpmonterad sådan.

Hur växelflaksalternativet påverkas av användningen av stålhackar eller pallramar återkommer vi till under 4.7.

#### 4.1.3 Ergonomisk kommentar

Användning av växelflak kan bidra till en bättre samordning av externa och interna transporter. Om växelflakssystemet bara används vid fabriken innebär det endast en möjlighet till bättre arbetsplanering och minskade skaderisker för truckförare och lastbilschaufför.

För att växelflakssystemet skall få några ergonomiska effekter på byggarbetsplatsen bör den maskinella utrustningen för byggsplatsens interna rörhantering anpassas till systemet, bl a så att idag förekommande manuella omlastningar kan undvikas.

En användning av växelflakssystemet kräver goda uppställningsförhållanden för att arbetssäkerheten på byggarbetsplatsen skall vara väl tillgodosedd.

#### 4.2.1 Beskrivning

HIAB-FOCO har skissat på en kombination av lastbilskran och hjullastare, som är mycket intressant. Stommen för utrustningen är en hjullastare, t ex Volvo BM 4300 (ramstyrd, vikt ca 9 ton). En lastbilskran, t ex HIAB 670 (kapacitet: 6 tm), monteras via konsol på hjullastaren, vilket innebär att kranen lätt kan ställas av vid behov. För att kunna hantera rör på ett effektivt sätt, förses kranen med rotator och grip. Snabbkopplingar på hydraulslangarna gör det möjligt att snabbt och enkelt växla mellan grip och exempelvis gripskopa. Principen för såväl konstruktion som arbetssätt framgår av figur 4.6.

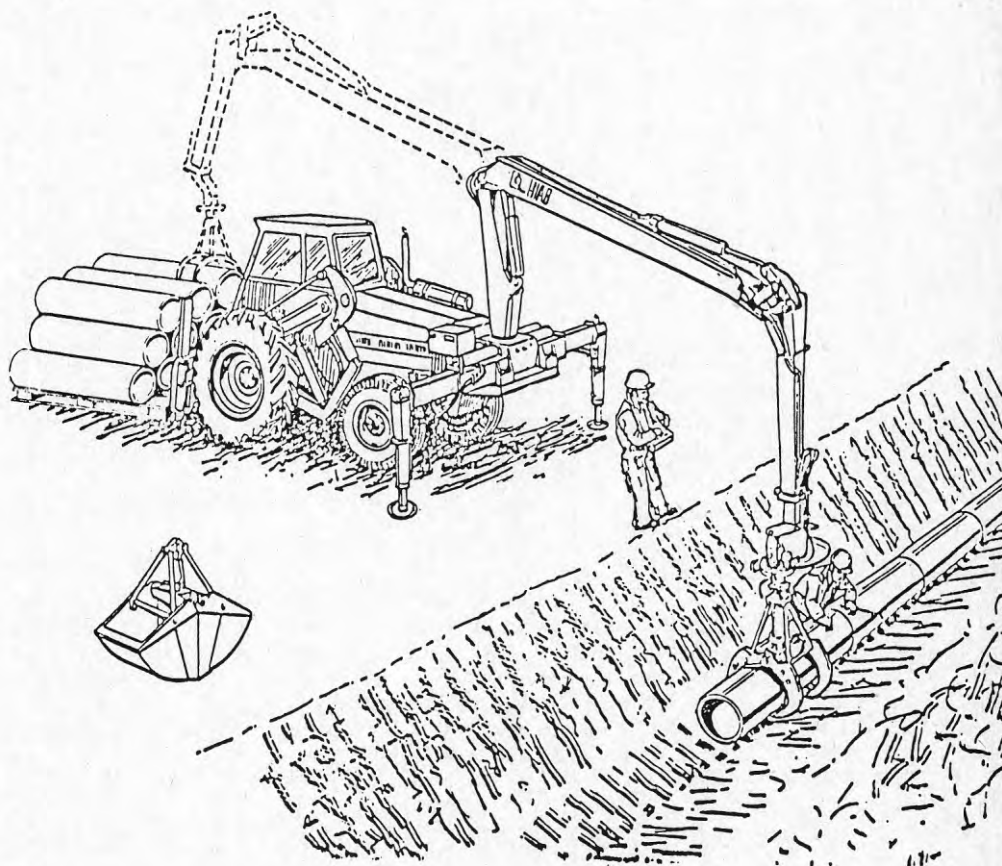


FIG 4.6 Rörläggning med kranförsedd hjullastare.

Under arbetet använder hjullastaren pallgaffel eller flerpinnsgaffel i stället för skopa. Hjullastaren tar då själv en börda med rör från upplaget eller direkt från lastbil. Det är givetvis en fördel om rören levererats på någon form av lastbärare. Maskinen transporterar själv rören till läggnings-

platsen, faller ut stödbenen och påbörjar läggningen. Kranen tar därvid rören ett och ett direkt från gaffeln och sänker ned det i rörgraven, där rörläggaren riktar in och skjuter ihop, t ex med spett. Kranen styrs av hjullastarens förare från hytten eller, om så erfordras med hänsyn till sikten, från rörgravskanten med hjälp av radiostyrning.

Utspridning av grus på rörgravsbotten, liksom skyddsfyllning av rören, kan utföras med den gripskopa som ingår i utrustningen. Man kan också tänka sig att förse kranarmen med en bergborrmaskin för att utföra mindre sprängningsarbeten i rörgraven. Rörgravsschakten förutsätts utföras på vanligt sätt av en grävmaskin.

#### 4.2.2 Teknisk-ekonomisk utvärdering

För att få ett begrepp om de ekonomiska för- och nackdelarna, ställer vi metoden i relation till den sk normalmetod, som beskrivits i avsnittet 3.3.5. Till grund för jämförelsen ligger följande kostnadsberäkningar.

##### Kalkylförutsättningar

Kalkylerna har till uppgift att belysa skillnaderna ur ekonomisk synpunkt mellan de olika läggningsskottmetoderna. Kostnaderna för exempelvis betongrör, återfyllningsmaterial, arbetsledning och utsättning har ej tagits med i beräkningarna, eftersom dessa är tämligen oförändrade oavsett metod.

I de fall grävmaskinen ej deltar i själva rörhanteringen, förutsätts den ha sådan schaktkapacitet att den "håller undan" för rörläggarna. Schaktmassorna placeras av grävmaskinen invid rörgraven och någon borttransport antages alltså ej vara aktuell.

Startsituation: Rörgravsläget utsatt, rör i upplag.  
Slutsituation: Färdig ledning, skyddsfyllning utförd.

##### Kostnadsjämförelser och kommentarer

I bilaga 10 har kostnaden, med ovan givna förutsättningar, beräknats till 2.840 kr/dag, dvs praktiskt taget samma kostnad som för "normalmetoden". För att metoderna ur ekonomisk synvinkel skall vara likvärdiga fordras således att samma antagna läggningsskottkapaciteter uppnås, dvs 20 m rörgrav/dag för arbetsplatser med dålig framkomlighet och 30 m rörgrav/dag för arbetsplatser med bra framkomlighet.

Vi bedömer att den här skisserade metoden för rörläggning med kranförsedd hjullastare kan nå upp till de erforderliga kapaciteterna 20 respektive 30 m rörgrav/dag med god marginal. Hur mycket kapaciteten blir kan givetvis fastställas först efter grundliga arbetsstudier, men vi anser det troligt att de nämnda gränserna klart överskrids.

Metodens största fördel i övrigt är att den är baserad på användning av hjullastare, vilket innebär välbekant teknik med stor framkomlighet och flexibilitet. Kran delen kan snabbt och enkelt kopplas av och maskinen tjänstgör då som "vanlig" hjullastare. Gripverktyget kan också lätt bytas ut, t ex mot en

gripskopa. Därigenom kan gruset för bottenavjämning och skyddsfyllning hanteras med större precision, vilket avsevärt minskar materialspillet. Som framgår av kalkylerna i bilaga 10 kan detta medföra besparingar av storleksordningen 20 kr/m rörgrav! Denna kostnadsminskning är inte medräknad i ovanstående kostnad per dag.

En av metodens nackdelar är att den medför en nyinvestering på maskinsidan, i och med att krantillsatsen är en specialutrustning för just rörläggning. Kranarna som sådana innebär dock inget nytt, eftersom de funnits på lastbilar i många år. De anses vara både lättmanövrerade och driftsäkra. Radiostyrningsutrustning finns idag inte framtagna och utprovad för just detta ändamål, men tekniken som sådan är använd i många andra "styrsammanhang". Det bör därför inte innebära något tekniskt problem, om man vill investera i sådan utrustning.

Vid hantering av brunnsbottendelar, liksom avloppsrör med diametern större än 1.000 mm, begränsas utläggningen på grund av tyngden till ca 3 meter. Vill man klara större längder än så, får man antingen använda annan maskin (t ex grävmaskin) för detta arbete eller också utreda om hjullastaren redan från början kan förses med en kraftigare kran. Vi bedömer dock den föreslagna krantypen vara den lämpligaste.

#### 4.2.3 Ergonomisk kommentar

Metoden torde eliminera de stora fysiologiska belastningstopparna vid mottagning och nedläggning av rör. Justeringsarbetet torde dock fortfarande få ske manuellt.

Arbetskaderisken kan öka på grund av ovarsam manövrering. Det bör därför vara en fördel om manövrering kan ske från alternativa platser t ex från rörgravsbotten. Byggergonomilaboratoriet förutsätter att såväl omlastningar som transport kan ske maskinellt. Det bör även utredas hur utrustningen kan kompletteras med t ex rörhopdragningsanordning samt nivåjusteringsmöjlighet.

### 4.3 RÖRLÄGGNING MED MASKIN AV TYPEN "COMBI"

#### 4.3.1 Beskrivning

Inom skogsindustrin finns det, som tidigare nämnts, vissa maskiner och utrustningar, som efter förhållandevis små ändringar, kan vara användbara vid rörläggning. Till denna kategori hör maskinen "Combi", framtagna av Frykenverken i Sunne. Maskinen är så ny att någon tillverkning och försäljning ännu ej kommit igång, endast provexemplar finns. Utseende och funktion framgår i princip av figur 4.7.

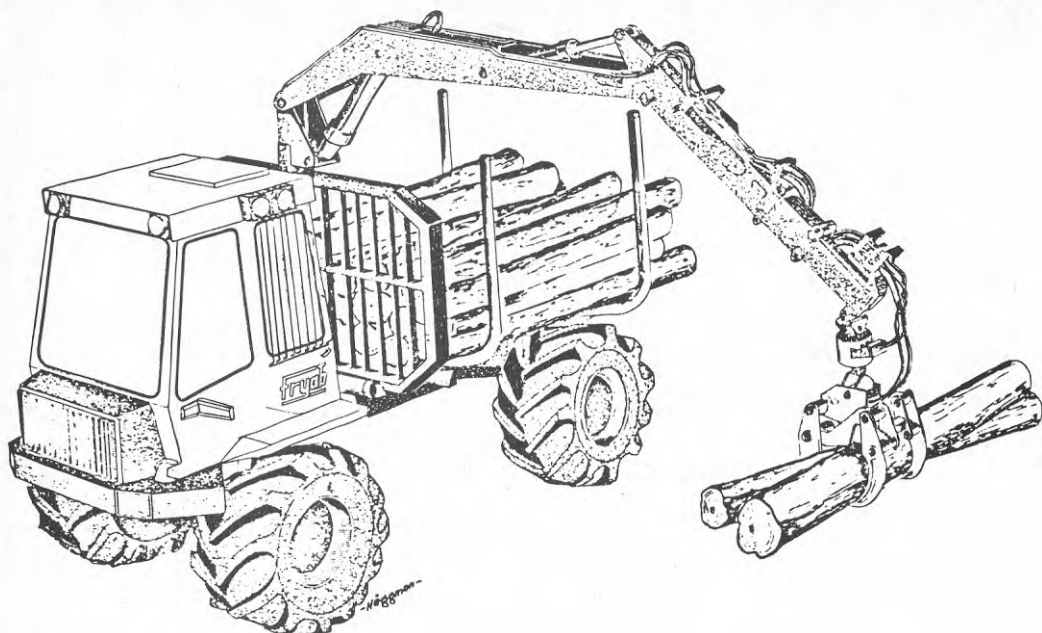


FIG 4.7 Combi.

Combi är fyrhjulsdriven och ramstyrd med alla de egenskaper som skogsmaskiner brukar ha: bra framkomlighet även i obanad terräng, hög markfrigång, bra lyft- och lastförmåga etc. För att bli användbar vid rörläggning fordras vissa justeringar av utrustningen. Maskinen bör dels förses med ett flak, dels en större kran, t ex HIAB 1165 med stödben. Orsaken till den större kranen är att maskinen skall kunna lasta sitt eget flak direkt från upplaget, utan assistans av någon hjullastare. Kranen måste då ha kapacitet att även lyfta rör på lastbärare, t ex stålhackar. Det hydrauliska gripverktyget måste självfallet modifieras, så att det passar betongrörens dimensioner och hållfasthet.

Efter att maskinen lastat flaket med rör, kör den till läggningsstället och lägger rören på samma sätt som beskrivits för den kranförsedda hjullastaren i avsnittet 4.2.1. Radiostyrningsutrustning bör även i detta fall installeras.

Vad beträffar möjligheterna att utföra grusfyllning och mindre bergsprängningsarbeten gäller samma förhållanden för Combi som för den kranförsedda hjullastaren.

#### 4.3.2 Teknisk-ekonomisk utvärdering

För att få ett begrepp om de ekonomiska för- och nackdelarna, ställer vi även denna metod i relation till den sk normalmetoden, som beskrivits i avsnittet 3.3.5. Till grund för jämförelsen ligger följande kostnadsberäkningar.



## Kalkylförutsättningar

Samma förutsättningar som under avsnitt 4.2.2.

## Kostnadsjämförelser och kommentarer

I bilaga 10 har kostnaden, med ovan givna förutsättningar, beräknats till 2.680 kr/dag. För att metoden ur ekonomisk synvinkel skall vara likvärdig med "normalmetoden" fordras att följande lägningskapaciteter uppnås:

Arbetsplatser med dålig framkomlighet:

- "Normalmetoden": 20 m rörgrav/dag
- Combi:  $20 \times \frac{2680}{2870} = 19$  m rörgrav/dag

Arbetsplatser med bra framkomlighet:

- "Normalmetoden": 30 m rörgrav/dag
- Combi:  $30 \times \frac{2680}{2870} = 28$  m rörgrav/dag

Vi bedömer att den här beskrivna metoden för rörläggning med en maskin av typen "Combi" kan nå upp till de erforderliga kapaciteterna 19 respektive 28 m rörgrav/dag med god marginal. Hur mycket kapaciteten blir kan givetvis fastställas först efter grundliga arbetsstudier, men vi anser det troligt att de nämnda gränserna klart överskrids.

Till metodens fördelar hör att den har stor framkomlighet och bra lyft- och lastförmåga. Maskinen klarar även hanteringen av brunnsbottendelar, liksom avloppsrör i storleksklassen Ø 1000.

Det hydrauliska gripverktyget kan genom snabbkopplingar lätt bytas ut, t ex mot en gripskopa. Därigenom kan gruset för bottenavjämning och skyddsfyllning hanteras med större precision, vilket avsevärt minskar materialspillen. Som framgår av kalkylerna i bilaga 10 kan detta medföra besparingar av storleksordningen 20 kr/m rörgrav! Denna kostnadsminskning är inte medräknad i ovanstående kostnad per dag.

En av metodens nackdelar är att den medför en nyinvestering på maskinsidan, i och med att Combi blir en specialutrustning för just rörläggning. De alternativa användningsområdena är tämligen få, endast enstaka lyft- och transportuppdrag kan bli aktuella på en byggarbetsplats i och med att maskinen saknar skopa av hjullastartyp.

Den omnämnda radiostyrningsutrustningen finns idag inte framtagen och utprovad för just detta ändamål, men tekniken som sådan är använd i många andra "styrsammanhang". Det bör därför inte innebära något tekniskt problem, om man vill investera i sådan utrustning.



#### 4.3.3 Ergonomisk kommentar

"Combi-metoden" torde i huvudsak förete samma för- och nackdelar som den kranförsedda hjullastaren. Metoden kan om lastningen sker maskinellt medföra en ytterligare minskning av den fysiologiska belastningen vid förflyttning och lastning ovan jord.

Maskinen bör kunna manövreras från marken, samt ges ytterligare möjligheter med gripskopa och borrhjugg. Rören bör även kunna kopplas maskinellt på flaket för att undvika olämpliga och tunga arbetsställningar.

#### 4.4 RÖRLÄGGNING MED MASKIN AV TYPEN "SKOGSMYRAN"

Till kategorin skogsmaskiner hör, liksom Combi, även maskinen "Skogsmyran", som säljs och tillverkas av Trelleborgs Gummi-fabrik i samarbete med Hydrovåg i Burträsk. Maskinen är en skunnare, vars utseende och arbetssätt framgår av figur 4.8.



FIG 4.8 Skogsmyran.

Maskinen har mycket bra förmåga att ta sig fram på dålig mark och är även utrustad med kran. Föraren står ej på maskinen utan går hela tiden bredvid, vilket går bra, eftersom körhastigheten endast är ca 5 km/tim.

Den första idén, att använda Skogsmyran vid rörläggning, gick ut på att förse den med en enkel släpvagn och utrusta kranen med något, helst hydrauliskt, lyftredskap. Vi har emellertid helt övergivit den tanken. Enligt vår bedömning är Skogsmyran alltför lätt och alltför motorsvag för detta ändamål. Totalvikten är endast ca 900 kg och motorstyrkan ca 12 hk. Kranens lyftförmåga är visserligen tillräcklig för att hantera rören ett och ett, men lastningen av den tänkta släpvagnen måste ändå ske med hjullastare etc. Skogsmyran får säkerligen dåligt med andra användningsområden på arbetsplatsen och vi bedömer därför detta som ett icke realistiskt alternativ.

En något tyngre och kraftigare variant av maskinen är under utveckling. Den har namnet "Stolpmyran" och är alltså avsedd för stolpresning. Förändringarna är dock ej så stora, att vi har skäl att ändra vår bedömning.

#### 4.5 RÖRLÄGGNING MED INDUSTRI TRAKTOR, KRAN OCH VAGN

##### 4.5.1 Beskrivning

Industri traktorer används idag endast i mindre omfattning på byggarbetsplatserna. Det är främst konkurrensen från hjullastarna som blivit för svår. Vi har emellertid ändå velat utreda möjligheterna att använda industri traktorn vid rörläggning, främst tänkt som ett "lågprisalternativ".

En industri traktor, t ex av typen Volvo BM T650I, utrustas med lastaggregat (exempelvis Tranåslastaren 1700) och släpvagn på vilken en kran (exempelvis FMV 2350) monterats. Kranen kan utrustas med rotator och olika gripverktyg.

Rörläggningsarbetet börjar med att traktorn använder sitt lastaggregat till att lasta lämplig mängd rör på vagnen. Ekipaget kör därefter iväg till lägningsstället och lägger rören efter samma principer, som beskrivits för den kranförsedda hjullastaren under avsnitt 4.2.1.

Vad beträffar möjligheterna att utföra grusfyllning i rörgraven, gäller även här samma förhållanden för detta alternativ som för den kranförsedda hjullastaren.

##### 4.5.2 Teknisk-ekonomisk utvärdering

För att få ett begrepp om de ekonomiska för- och nackdelarna, ställer vi även denna metod i relation till den sk normalmetoden, som beskrivits i avsnitt 3.3.5. Till grund för jämförelsen ligger följande kostnadsberäkningar.

##### Kalkylförutsättningar

Samma förutsättningar som under avsnitt 4.2.2.

### Kostnadsjämförelser och kommentarer

I bilaga 10 har kostnaden, med ovan givna förutsättningar, beräknats till 2.560 kr/dag. För att metoden ur ekonomisk synvinkel skall vara likvärdig med "normalmetoden" fordras att följande läggningskapaciteter uppnås:

Arbetsplatser med dålig framkomlighet:

- "Normalmetoden" 20 m rörgrav/dag
- Industritraktor  $20 \times \frac{2560}{2870} = 18$  m rörgrav/dag

Arbetsplatser med bra framkomlighet:

- "Normalmetoden" 30 m rörgrav/dag
- Industritraktor  $30 \times \frac{2560}{2870} = 27$  m rörgrav/dag

Vi bedömer att den här beskrivna metoden för rörläggning, kan nå upp till den erforderliga kapaciteten, när det gäller arbetsplatser med bra framkomlighet. Vad beträffar det andra fallet, arbetsplatser med dålig framkomlighet, är vi dock mera tveksamma. Industritraktorn har visserligen som specialitet att tjänstgöra som dragare i tunga transporter, men markförhållandena längs en rörgrav kan innebära sådana svårigheter att kapaciteten sjunker alltför mycket. Hur mycket, kan givetvis inte exakt fastställas förrän efter grundliga arbetsstudier vid olika markbeskaffenhet.

Till metodens fördelar hör att utrustningen är mycket användbar för transporter av olika slag på arbetsplatsen, i synnerhet med tanke på att såväl lastaggregatet som kranen kan användas. Traktorn kan t ex användas för lossning av rör från lastbil.

Maskinen kan dock inte ersätta en hjullastare annat än som just dragfordon. I övrigt är den alltför liten och lätt. Den klarar ej heller hanteringen av brunnsbottendelar eller 2 meter långa avloppsrör med större diameter än 500 mm.

Det hydrauliska gripverktyget kan genom snabbkopplingar lätt bytas ut, t ex mot en gripskopa. Därigenom kan gruset för bottenavjämning och skyddsfyllning hanteras med större precision, vilket avsevärt minskar materialspletet. Som framgår av kalkylerna i bilaga 10 kan detta medföra besparingar av storleksordningen 20 kr/m rörgrav! Denna kostnadsminskning är inte medräknad i ovanstående kostnad per dag.

Den omnämnda radiostyrningsutrustningen finns idag inte framtagen och utprovad för just detta ändamål, men tekniken som sådan är använd i många andra "styrsammanhang". Det bör därför inte innebära något tekniskt problem, om man vill investera i sådan utrustning.

#### 4.5.3 Ergonomisk kommentar

Utrustningen innebär ergonomiskt ungefär detsamma som "COMBI-metoden", se avsnitt 4.3.3.

#### 4.6 RÖRLÄGGNING MED GRÄVMASKIN OCH "TÅNG"

Vid ett besök på Skånska Cementgjuteriet arbetsplats Rydebäck i Helsingborg studerade vi användningen av en speciell "tång" för rörhantering. Tången (bild 17-18, bilaga 1) är så konstruerad att den kan gripa ett rör utan hjälp från någon personal. Förutsättningen är att rören ligger utspridda ett och ett på marken, ett arbete som oftast utförs av den hjullastare som bär fram rören till lägningsplatsen. Tången hänger på konventionellt sätt i en grävmaskinskopa och används överhuvud taget på motsvarande sätt som andra lyftredskap. Skillnaden består i att tången spar personal, förutom grävmaskinföraren arbetar endast en man i rörlägningslaget, se bild 19.

Tången har utvecklats av personalen på just denna arbetsplats i Helsingborg och såvitt vi känner till har den ännu ej använts på någon annan plats. I denna rapport har metoden behandlats tillsammans med de övriga metoder, som studerats vid arbetsplatsbesöken, men på grund av att den är så lite känd och spridd, har vi ansett det motiverat att ta upp metoden även under kapitlet "Alternativa metoder". Beträffande teknisk-ekonomiska kommentarer, hänvisas till 3.3.6.

Tången kan givetvis kombineras med annan utrustning än grävmaskin. Vi behandlar dock ej dessa kombinationsmöjligheter här, eftersom vi bedömer dessa vara underlägsna respektive metods hydrauliska gripanordning.

Ur ergonomisk synvinkel är tången ett praktiskt lyftredskap i och med att den själv kan gripa tag i röret. Den minskar inte den fysiologiska belastningen mer än andra lyftredskap. Olycksfallsrisken kan bedömas lika med andra rörlyftanordningar, varför säkerhetskraven måste vara väl tillgodosedda.

Tången bör anpassas till lyft även från stålhäckar och dylikt så den manuella insatsen vid lyftförberedelsen kan elimineras, dvs tången skall komma åt även då rör ligger tätt ihop.

#### 4.7 ANVÄNDNING AV STÅLHÄCKAR ELLER PALLRAMAR VID TRANSPORT OCH LAGRING AV RÖR

##### 4.7.1 Beskrivning

Ett sätt att försöka minska hanteringstiderna vid lastning och lossning i de olika stegen är att använda sammanhållna lastenheter, som hela eller i lämpliga delar kan hanteras hela vägen fram till rörgraven. Som hjälpmedel för skapande av sådana lastenheter kan t ex "stålhäckar" eller "pallramar" användas. Exempel på hur sådana kan se ut visas i bilaga 13-15 samt på bild 6 och 26 i bilaga 1. Dessa har under några år i begränsad omfattning provats inom Skånska Cementgjuteriets fabriksverksamhet. Stålhacken har härvid endast använts för dim  $\varnothing$  100-150 mm och pallramarna för dim  $\varnothing$  225-400 mm (i någon mån även  $\varnothing$  150 mm).

Hjälpmedlen (i varje fall pallramarna) har i regel inte kommit till användning ända fram till rörgravskanten.

Rören läggs i dessa lastenheter direkt i samband med produktionen inne i fabriken och körs ut och staplas i lagret. Vid utlastning till bil kan rören ligga kvar i dessa hjälpmedel på bilen och likaså på arbetsplatsens mellanlager (eller i förråd) och i den fortsatta hanteringen fram till rörgraven.

Staplingshöjden i lagret kan därvid vara högre än på bilen. Stålhäckar tas bara 1 i höjd på bilen men 3-4 i höjd i lagret. Rör på pallramar staplas lämpligen dubbelt så högt i lagret som på bilen. Se lastberäkningen i bilaga 16.

De så kallade "underpallramarna" (bilaga 14), som har ett antal längre tvärlister undertill, läggs alltid underst i varje trave (på lagret, bilen osv) och ligger kvar när trucken tagit ovanpåliggande last. När man skall ställa ned en truckbörda på marken eller bilen måste man först lägga ut en underpallram.

Vi räknar här med att rör  $\leq \emptyset 225$  läggs i två lager på pallramar (se bilaga 15) medan rör  $\emptyset 300-400$  läggs i ett lager. Rör på pallramar hanteras bäst med gaffeltruck (alternativt hjullastare) utrustad med specialgaffel (flerpinnsgaffel) så utformad att en pinne går in i varje rör i den undre raden. Man tar således inte under ramen med gaffeln. Hantering kan även ske med t ex bilkran utrustad med en likadan gaffel i kroken. Stålhäck med rör hanteras med gaffeltruck (alt hjullastare) med vanlig gaffel. Om bilkran användes kan man lämpligen använda ett speciellt lyftok som kopplas till häcken.

Om bilens lämmar inte är så höga att översta rörraden (vid användning av pallramar) "täcks" av dessa kan man för lastsäkring använda någon form av "låsramar" som läggs över varje lastenhet. Lasten fixeras på vanligt sätt.

#### 4.7.2 Teknisk-ekonomisk utvärdering

Eftersom dessa intressanta och fungerande hjälpmedel inte varit föremål för någon egentlig utvärdering tidigare vill vi ta med dessa här och även undersöka om stålhäcken kan användas för större dimensioner ( $\emptyset 225-400$ ). Dessutom vill vi se hur de ekonomiskt ställer sig i kombination med växelflak.

##### 4.7.2.1 Transport från fabrikslager till lager på arbetsplats

Vi tittar här på kostnaderna för såväl stålhäckar som pallramar i kombination med dels konventionell bil med och utan kran, dels växelflaksfordon med och utan kran. I samtliga fall är det en 3-axlig bil med 2-axligt släp. Om kran förekommer så är den vid konventionell bil bakmonterad (på bilen) och vid växelflaksfordon monterad framtill på släpet.



Kalkylförutsättningar

## - Lossningstider (uppskattade):

Lossning med bilkran	
med stålhack	= 40 min/lass (0,7 tim)
med pallramar	= 60 " (1,0 " )

Lossning med hjullastare	
med stålhack eller pallramar	= 30 min/lass (0,5 tim)

## - Lastningstid:

Eftersom lastningstiden är starkt beroende av truckens köravstånd, utrustning m m varierar tiden här mellan 20-40 min/lass. Det är här räknat med ett renodlat lass bestående av 12 stålhackar eller pallramslaster med rör (6 på bilen och 6 på släpet) enligt bilaga 16.

## - Transportavstånd och hastigheter:

I enlighet med 3.3 väljes	
Transportavståndet	= 50 km (enkel väg)
Hastighet med last	= 45 km/tim
Hastighet utan last	= 55 "

## - Laststorlek (beräknad):

Konventionell bil utan kran	= 27,7 ton
Konventionell bil med kran	= 26,2 "
Växelflaksbil utan kran	= 24,3 "
Växelflaksbil med kran	= 22,8 "

Av lastkapaciteten tar 12 tomma stålhackar (120 kg/st) 1,4 ton och tomma pallramar till ett lass 0,7 - 1,1 ton (24 respektive 36 ramar à 30 kg).

Enligt bilaga 16 är lasterna beroende av rördimensionen eftersom fordonet bara rymmer 12 stålhackar eller 12 truckbördor rör på pallarna. Som framgår av bilaga 16 och nedanstående tabell kan för större dimensioner ovan nämnda max-laster inte utnyttjas. I nedanstående tabeller är tomvikten av stålhackar respektive pallramar borträknad.

## - Last i stålhackar:

Ø 100	= 17,3 ton
Ø 150 konventionell bil med kran	= 24,8 "
Ø 150 konventionell bil utan kran	= 25,7 "
Ø 150 växelflaksbil med kran	= 21,4 "
Ø 150 växelflaksbil utan kran	= 22,9 "
Ø 225	= 20,6 "
Ø 300	= 18,7 "
Ø 400	= 14,8 "



-

## Last på pallramar:

Ø 100	= 13,7 ton
Ø 150 konventionell bil med kran	= 25,1 "
Ø 150 konventionell bil utan kran	= 26,6 "
Ø 150 växelflaksbil med kran	= 21,7 "
Ø 150 växelflaksbil utan kran	= 23,2 "
Ø 225 växelflaksbil med kran	= 22,1 "
Ø 225 övriga fordon	= 22,7 "
Ø 300 växelflaksbil med kran	= 21,7 "
Ø 300 övriga fordon	= 23,4 "
Ø 400	= 19,7 "

Stålhäckar i kombination med konventionell bil med bak-monterad kran

Enligt kalkyl i bilaga 17 erhålles följande kostnader vid 20 min respektive 40 min lastningstid:

	kr/ton									
	Ø 100		Ø 150		Ø 225		Ø 300		Ø 400	
	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min
Lastn.-tid										
Stålhäck	17:50	17:50	11:50	11:50	14:40	14:40	15:90	15:90	20:20	20:20
Lastning ) Transport ) Lossning )	35:25	40:80	24:60	28:45	29:60	34:25	32:60	37:75	41:20	47:70
Summa	52:75	58:30	36:10	39:95	44:00	48:65	48:50	53:65	61:40	67:90

Stålhäckar i kombination med konventionell bil utan kran

Enligt kalkyl i bilaga 17 erhålles följande kostnader vid 20 min respektive 40 min lastningstid:

	kr/ton									
	Ø 100		Ø 150		Ø 225		Ø 300		Ø 400	
	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min
Lastn.-tid										
Stålhäck	17:50	17:50	11:50	11:50	14:40	14:40	15:90	15:90	20:20	20:20
Lastning ) Transport ) Lossning )	30:10	35:00	20:30	23:55	25:30	29:35	27:85	32:35	35:20	40:90
Summa	47:60	52:50	31:80	35:05	39:70	43:75	43:75	48:25	55:40	61:10

Stålhäckar i kombination med växelflaksfordon med släp-  
monterad kran

Enligt kalkyl i bilaga 17 erhålles följande kostnader vid  
20 min respektive 40 min lastningstid:

	kr/ton									
	Ø 100		Ø 150		Ø 225		Ø 300		Ø 400	
Lastn.-tid	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min
Stålhäck	17:50	17:50	11:50	11:50	14:40	14:40	15:90	15:90	20:20	20:20
Lastning ) Transport ) Lossning )	38:30	40:30	31:00	32:55	32:20	33:85	35:45	37:25	44:80	47:10
Summa	55:80	57:80	42:50	44:05	46:60	48:25	51:35	53:15	65:00	67:30

Stålhäckar i kombination med växelflaksfordon utan kran

Enligt kalkyl i bilaga 17 erhålles följande kostnader vid  
20 min respektive 40 min lastningstid:

	kr/ton									
	Ø 100		Ø 150		Ø 225		Ø 300		Ø 400	
Lastn.-tid	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min
Stålhäck	17:50	17:50	11:50	11:50	14:40	14:40	15:90	15:90	20:20	20:20
Lastning ) Transport ) Lossning )	33:05	35:00	24:95	26:45	27:75	29:40	30:60	32:40	38:65	40:95
Summa	50:55	52:50	36:45	37:95	42:15	43:80	46:50	48:30	58:85	61:15

Pallramar i kombination med konventionell bil med bakmonterad kran

Enligt kalkyl i bilaga 18 erhålles följande kostnader vid 20 min respektive 40 min lastningstid:

Lastn.-tid	kr/ton									
	Ø 100		Ø 150		Ø 225		Ø 300		Ø 400	
	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min
Pallramar	8:50	8:50	4:10	4:10	3:30	3:30	4:90	4:90	3:90	3:90
Lastning ) Transport) Lossning )	48:70	55:70	26:55	30:40	29:40	33:60	28:50	32:60	33:85	38:75
Summa	57:20	64:20	30:65	34:50	32:70	36:90	33:40	37:50	37:75	42:65

Pallramar i kombination med konventionell bil utan kran

Enligt kalkyl i bilaga 18 erhålles följande kostnader vid 20 min respektive 40 min lastningstid:

Lastn.-tid	kr/ton									
	Ø 100		Ø 150		Ø 225		Ø 300		Ø 400	
	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min
Pallramar	8:50	8:50	4:10	4:10	3:30	3:30	4:90	4:90	3:90	3:90
Lastning ) Transport) Lossning )	38:00	44:15	19:60	22:75	22:95	26:65	22:25	25:85	26:45	30:70
Summa	46:50	52:65	23:70	26:85	26:25	29:95	27:15	30:75	30:35	34:60

Pallramar i kombination med växelflaksfordon med släp-  
monterad kran

Enligt kalkyl i bilaga 18 erhålles följande kostnader vid  
20 min respektive 40 min lastningstid:

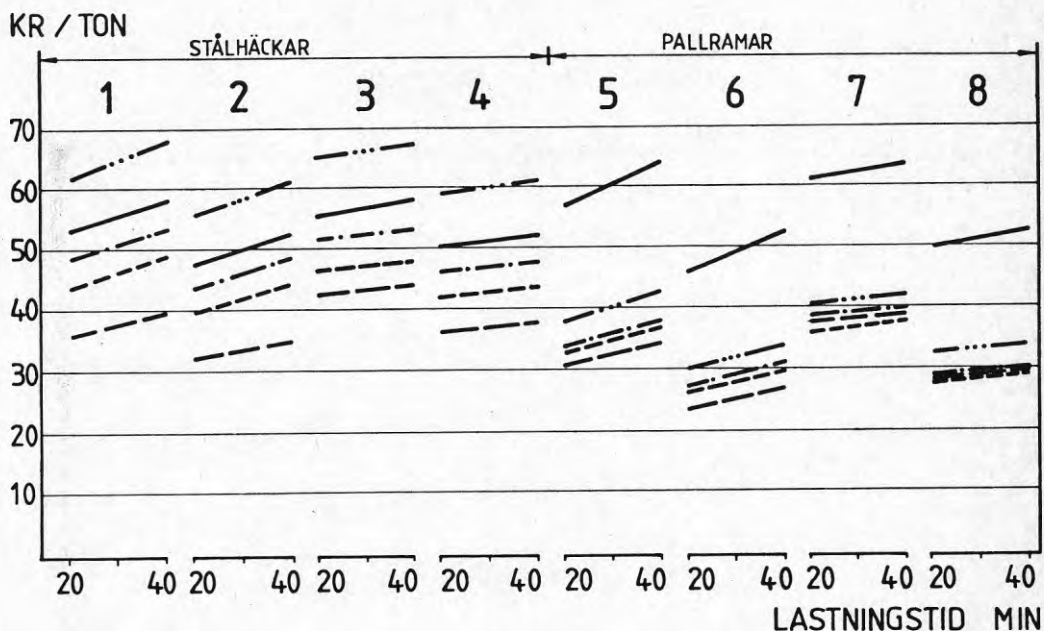
Lastn.-tid	kr/ton									
	Ø 100		Ø 150		Ø 225		Ø 300		Ø 400	
	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min
Pallramar	8:50	8:50	4:10	4:10	3:30	3:30	4:90	4:90	3:90	3:90
Lastning ) Transport) Lossning )	53:00	55:45	33:45	35:00	32:85	34:40	33:45	35:00	36:85	38:60
Summa	61:50	63:95	37:55	39:10	36:15	37:70	38:35	39:90	40:75	42:50

Pallramar i kombination med växelflaksfordon utan kran

Enligt kalkyl i bilaga 18 erhålles följande kostnader vid  
20 min respektive 40 min lastningstid:

Lastn.-tid	kr/ton									
	Ø 100		Ø 150		Ø 225		Ø 300		Ø 400	
	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min	20 min	40 min
Pallramar	8:50	8:50	4:10	4:10	3:30	3:30	4:90	4:90	3:90	3:90
Lastning ) Transport) Lossning )	41:75	44:20	24:65	26:10	25:20	26:70	24:45	25:90	29:05	30:75
Summa	50:25	52:70	28:75	30:20	28:50	30:00	29:35	30:80	32:95	34:65

Vi skall nu försöka att grafiskt jämföra de olika utrustnings-  
kombinationerna med varandra (fig 4.9).



#### Teckenförklaring

- Ø 100
- Ø 150
- - - - - Ø 225
- · - · - Ø 300
- · · · · Ø 400

- 1 = Stålhäckar i kombination med konventionell bil med bakmonterad kran
- 2 = Stålhäckar i kombination med konventionell bil utan bakmonterad kran
- 3 = Stålhäckar i kombination med växelflaksbil med släpmonterad kran
- 4 = Stålhäckar i kombination med växelflaksbil utan släpmonterad kran
- 5 = Pallramar i kombination med konventionell bil med bakmonterad kran
- 6 = Pallramar i kombination med konventionell bil utan bakmonterad kran
- 7 = Pallramar i kombination med växelflaksbil med släpmonterad kran
- 8 = Pallramar i kombination med växelflaksbil utan släpmonterad kran

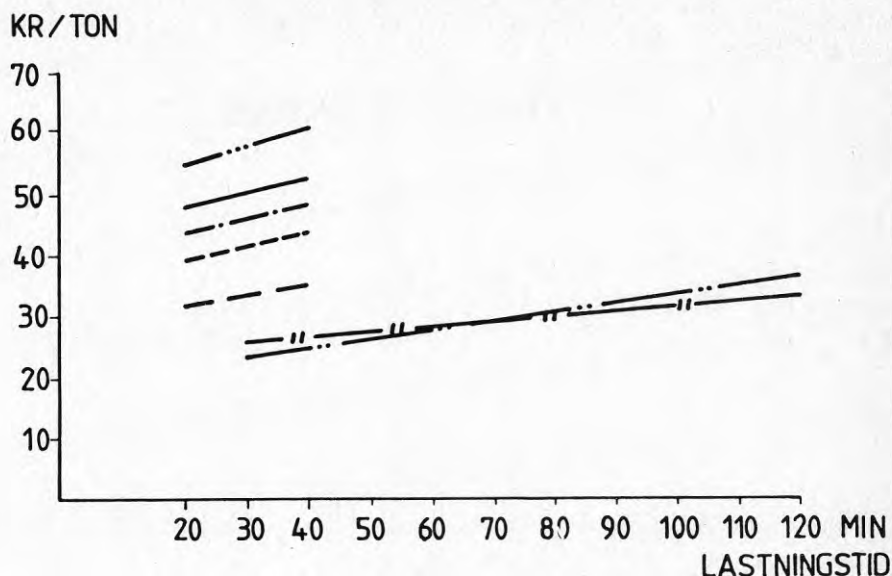
FIG 4.9 Jämförelse mellan olika utrustningskombinationer (fordon och hjälpmedel).



Av figur 4.9 kan följande utläsas:

- Rör  $\emptyset$  100 mm bör ur ekonomisk synpunkt inte läggas på pallramar.
- Rör  $\emptyset$  150 - 400 mm blir billigare på pallramar än i stålhack. Detta gäller speciellt de större av dessa dimensioner.
- Av dessa dimensioner är  $\emptyset$  150 mm den klart billigaste att hantera i stålhack.
- Fordon utan kran (lossning med hjullastare) är billigare än fordon med kran. Dock kan väntan på att få hjälp av hjullastare på arbetsplatsen bli så lång tidvis (oturliga omständigheter) att kran kan vara motiverad.
- För respektive stålhackar och pallramar så är växel-flaksfordon något dyrare än konventionell bil (t ex komb. 6 contra komb. 8). Dock är denna skillnad ganska liten och torde ligga inom "felmarginalen".

Om vi så jämför den billigaste kombinationen för respektive stålhackar (komb. 2) och pallramar (komb. 6) med rör utan stålhack eller pallram vid konventionell bil eller växel-flaksbil erhålles diagrammen i figur 4.10 och 4.11.



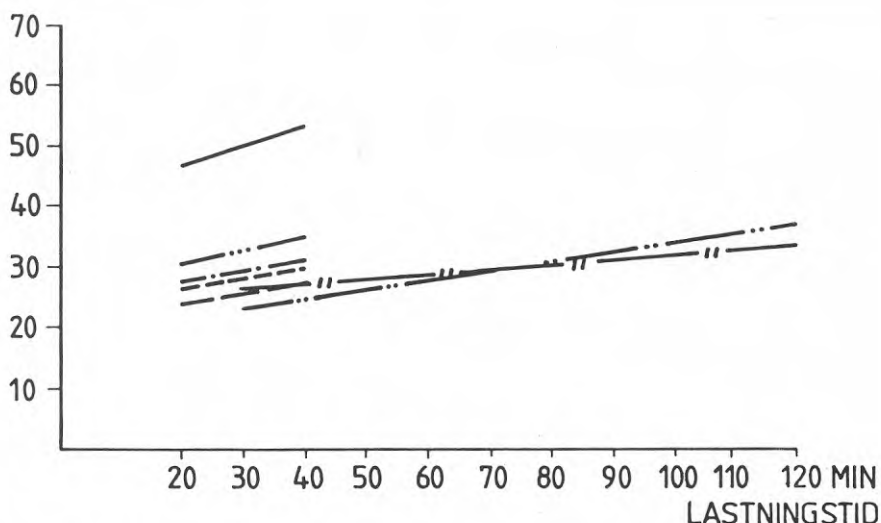
#### Teckenförklaring

————	Ø 100	} Rör i stålhäckar, konventionell bil utan kran
— — — —	Ø 150	
- - - - -	Ø 225	
- · - · -	Ø 300	
- · · · ·	Ø 400	
— · · — · · — · · —	Konventionell bil utan kran (utan stålhäckar)	
— // — // — // —	Växelflaksbil utan kran (utan stålhäckar)	

FIG 4.10. Jämförelse mellan rör i stålhäckar i kombination med konventionell bil utan kran och rör utan stålhäckar vid konventionell bil eller växelflaksbil utan kran.

Av figur 4.10 framgår att alla dimensioner i stålhäck är dyrare än utan stålhäck. Först vid lastningstider över 90 min (utan stålhäck) kan Ø 150 i stålhäck börja konkurrera. Däremot kan man genom den korta lastningstiden vid stålhäckar (och pallramar) ibland klara ett lass till per dag (beroende på transportavstånd). Därvid förbättras givetvis ekonomin med dessa hjälpmedel. Se även figur 4.12 gällande för växelflak!

KR/TON



## Teckenförklaring

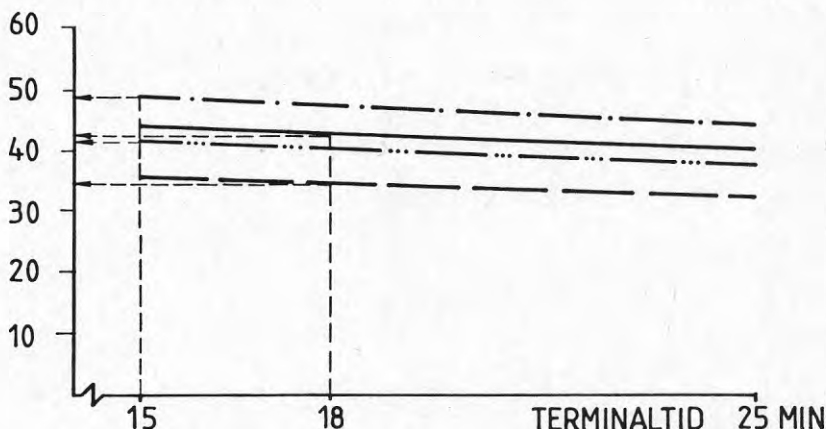
—	Ø 100	} Rör på pallramar, konventionell bil utan kran
- - -	Ø 150	
- - - - -	Ø 225	
- · - · - ·	Ø 300	
- · · · · ·	Ø 400	
— · — · — · — · — ·	Konventionell bil utan kran (utan pallramar)	
— // — // — // —	Växelflaksbil utan kran (utan pallramar)	

FIG 4.11. Jämförelse mellan rör på pallramar i kombination med konventionell bil utan kran och rör utan pallramar vid konventionell bil eller växelflaksbil utan kran.

Av figur 4.11 framgår att så länge lastningstiden för fordon utan pallramar är under 60 min så är båda de aktuella fordonstyperna utan pallramar konkurrenskraftiga för alla rördimensioner. Vid längre lastningstid blir dock främst Ø 150 - 300 billigare på pallram. Även här gäller givetvis vad som ovan sagts beträffande möjligheten till ett lass till per dag genom den kortare lastningstiden med pallramar än utan sådana.

Möjlig transportväg vid 3 vändor/dag med växelflaksbil med och utan lastbärare (pallramar eller stålhackar) har beräknats i bilaga 19 och visas i figur 4.12 nedan. Som synes fås längsta möjliga transportväg (49 km) om man lossar med hjullastare och använder antingen pallramar eller stålhackar. Kortaste transportväg erhålles med kranlossade pallramar (34 km).

## KM, ENKEL VÄG



## Teckenförklaring:

- Kranlossning, stålhackar
- - - - - Kranlossning, pallramar
- . - . - . Lossning med hjullastare, stålhackar eller pallramar
- . . . . . Lossning med hjullastare, utan lastbärare

FIG 4.12. Transportväg (enkel) för 3 vändor/dag, växelflaksbil.

4.7.2.2 Transporter på arbetsplatsen

Vi skall här göra en överslagsmässig jämförelse mellan en av de nu vanliga metoderna och en metod med stålhack eller pallramar vid transport från upplag på arbetsplatsen till rörgravskant. Som nuvarande metod väljer vi transport av rören (6 st Ø 225) i hjullastarens skopa. Rören läggs i och plockas ur skopan manuellt med skopan i lämpligt läge för ändamålet. Därför behövs en särskild hjälpare (en av rörläggarna) till hjullastaren.

## - Förutsättningar:

75 m transport från upplag till rörgrav.  
 Rör Ø 225 mm väljes som representativ dimension.  
 Last i skopan vid nuvarande metod 6 rör/vända.  
 Last vid ny metod antingen 20 rör i stålhack  
 eller 22 rör på pallramar per vända.

## Timkostnad nuvarande metod:

Hjullastare med förare = 105 kr/tim  
 Hjälpare = 65 "

170 kr/tim (2:83 kr/min)

Timkostnad ny metod:

Hjullastare (större)  
med förare = 125 kr/tim (2:08 kr/min)

(Kostnad för lastbärare finns med i transportkostnaden fabrik-arbetsplats).

- Kostnad för nuvarande metod:

Tider (delvis uppskattade):

Lägger 6 rör i skopa	= 0,80 min
Transport fram och åter	= 3,00 "
Plockar ur rör	= 0,40 "

4,20 min/vända

$$\text{Kostnad} = \frac{4,20 \times 2:83}{6 \text{ rör}} = 2 \text{ kr/rör} = 23 \text{ kr/ton}$$

- Kostnad för ny metod:

Tider (delvis uppskattade):

Ställer in gaffel	= 0,25 min
Tar last	= 0,50 "
Transport fram och åter	= 3,00 "
Ställer ned last	= 0,10 "

3,85 min/vända

$$\text{Kostnad} = \frac{3,85 \times 2:08}{20 \text{ rör}} = 0:40 \text{ kr/rör} = 5 \text{ kr/ton}$$

- Skillnad i kostnad:

Som synes ger dessa kalkyler en överslagsmässig skillnad på 15-20 kr/ton (18 kr/ton) som den nya metoden är billigare än den nuvarande. Givetvis ger andra av de nuvarande metoderna andra kostnader. De har dock alla det gemensamt att de är dyrare än denna nya metod.

I den fortsatta bedömningen använder vi oss av differensen 18 kr/ton.

#### 4.7.2.3 Transport och hantering av tomma stålhäckar eller pallramar

Detta är en extra kostnad som man "drabbas av" om man använder någon form av lastbärare. Det är det pris man får betala för att få tillbaka lastbärarna till fabriken. Om man sedan tillämpar principen att lastbäraren debiteras kunden eller inte spelar i detta sammanhang igen roll - kostnaden finns där i alla fall.

Man kan här särskilja 2 olika fall, nämligen

- Lastbärarna tas tillbaka i samband med ny leverans.
- Lastbärarna hämtas (eller återlämnas) med speciell transport.

Vi skall nu göra en överslagsmässig kalkyl för vardera av dessa 2 fall.

#### I. Lastbärarna tas tillbaka i samband med ny leverans

Följande arbeten förekommer (uppskattad tid):

Lastning på bil vid arbetsplats	= 2 min/truckbörda
Lossning vid fabriken	= 3 "
	<hr/>
	5 min/truckbörda

En truckbörda antages bestå av

3 stålhäckar (rymd = 60 rör Ø 225) eller  
6 pallramar (rymd = 66 rör Ø 225)

Vi räknar efter (för både stålhäckar och pallramar):

- Lastnings- och lossningstid = 5 min/börda
- Lastbärarens rymd = 60 rör/börda
- Timkostnad (bil + truck/lastare) = 260 kr/tim

$$\text{Kostnad} = \frac{5 \times 260}{60 \times 60} = 0:36 \text{ kr/rör} = \underline{4 \text{ kr/ton}}$$

#### II. Lastbärarna hämtas (eller återlämnas) med speciell transport

Förutsättningar:

- Bil utan släp = 100 kr/tim
- Transportväg (enkel) = 50 km
- Transporttid = 2 tim
- Antal häckar = 12 st (från ett lass = 240 rör)
- eller antal pallramar = 24 st (från ett lass = 264 rör)

Vi räknar efter = 250 rör/lass

Kostnader:

$$\text{Transport} = \frac{2 \times 100}{250} = 0:80 \text{ kr/rör} = 9 \text{ kr/ton}$$

$$\text{Lastning och lossning enligt I} = \underline{4 \text{ "}}$$

13 kr/ton



### Kommentarer till ovanstående

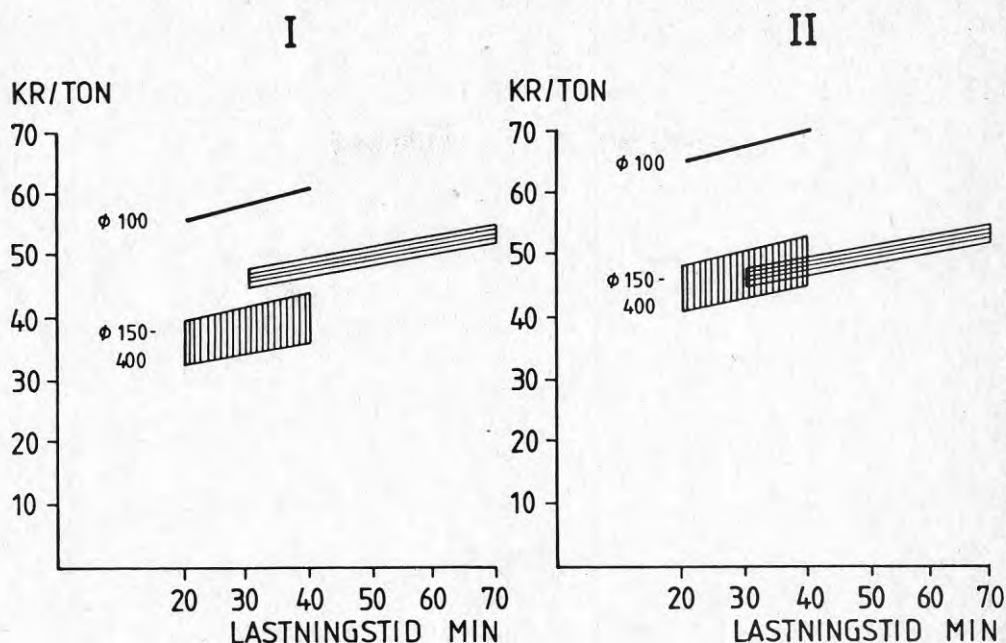
Som framgår av kalkylerna så innebär den speciella hämtningen av lastbärarna en betydande kostnad (13 kr/ton) och är av storleksordningen 9 kr/ton dyrare än om lastbärarna kan tas med vid förnyad leverans (då sådan förekommer). Detta gäller vid 50 km transport. Utöver de rent ekonomiska faktorerna så innebär returtransporten av tomma lastbärare även ett administrativt merarbete.

#### 4.7.2.4 Sammanfattning och kommentarer


Innan vi går in och tittar på dessa lastbärarens lämplighet för olika rördimensioner i kombination med olika fordon, så kan vi söka överblicka vad som sker genom att ställa upp de positiva (+) och negativa (-) effekterna på följande sätt:


- Lastning vid fabriken:
  - Man tar fler rör per truckbörda (+)
- Lossning på arbetsplatsen:
  - Vid kranlossning tar man fler rör per lyft för Ø 100-225 (+)
  - Vid lossning med hjullastare (med specialgaffel) tar man fler rör/lyft för alla dimensioner (+)
  - Hämtning och hantering av tomma lastbärare (-)
- Transport från upplag till rörgrav:
  - Man kan ta enheter bestående av en eller flera pallramar om man har lämplig gaffel eller vagn (+)
  - Transport och hantering av tomma bärare (-)
- Tagning av rör vid nedläggning i rörgraven:
  - Det måste gå att ta röret på (i) lastbäraren med det använda redskapet (+)
  - Ekonomisk belastning (kapitalkostnad) för dessa lastbärare (-)
  - Stålhäcken minskar bilens lastförmåga
    - Ø 150 - 400 med 2-25 % (-)
    - Ø 100 ökar dock med ca 25 % (+)

Vi kan så summera de ekonomiska effekterna i 4.7.2.1 - 4.7.2.3 genom att rita upp diagrammen i fig 4.13 för de mest intressanta alternativen - hantering med respektive utan pallramar. Den som vill summera kostnaderna för andra alternativ (t ex pallramar i kombination med växelflak eller bil med kran) kan själv enkelt ta fram dessa kostnader i avsnitten 4.7.2.1 - 4.7.2.3.



#### Teckenförklaring

 Konventionell bil eller växelflaksbil utan kran, utan pallramar

 Konventionell bil utan kran, med pallramar

I Pallramarna tas tillbaka i samband med ny leverans

II Pallramarna hämtas (eller återlämnas) med speciell transport

FIG 4.13. Jämförelse mellan totala kostnaderna med respektive utan pallramar vid bil utan kran (50 km transport).

#### Konstateranden med kommentarer

- Man måste observera att alla våra diagram gäller för 50 km transport (enkel väg).
- För rör Ø 100 visar våra diagram att det inte är ekonomi med vare sig stålhackar eller pallramar. Dock kan ekonomin med stålhack vara något bättre än vad diagrammen visar genom att vi använt Ø 225 som "genomsnittsdimension" när vi behandlat transporterna på arbetsplatsen och hantering av tomma lastbärare. Stålhacken torde dessutom minska skadorna på rören vid dimensionerna Ø 100-150 mm och minskar den manuella bärningen av rören.

- Pallramar är billigare än stålhackar för Ø 150-400 och även billigare än hantering utan lastbärare för dessa dimensioner om pallramarna kan tas med tillbaka vid ny leverans. Om de speciellt måste hämtas är kostnaden ungefär lika som utan lastbärare, i varje fall så länge lastningstiden håller sig under 50-60 minuter. Dock måste man här komma ihåg lastbärarnas positiva inverkan på truckbehovet och på de interna transporterna vid fabriken som inte ingår i våra beräkningar.
- Stora dimensioner (Ø 225-400) blir för dyra i stålhackar och investeringen i stålhackar blir i detta fall också mycket stor.
- För Ø 150 är stålhack billigare än hantering utan lastbärare om hackarna kan tas tillbaka vid ny leverans. Om antal fyllningar i hacken per år minskar från i kalkylen antagna 10 st så ökar kostnaden för stålhack i relation till pallram och gör stålhacken ännu mera tveksam i sammanhanget.
- Det torde vara lättare att med gripverktyg ta omkring ett rör på pallram än ett rör i stålhack. Detta talar för pallramar vid mekaniserad hantering vid rörgraven.
- Användningen av lastbärare av icke engångstyp innebär ett administrativt merarbete både vad gäller hämtning och underhåll av dem.
- Fordon utan kran (lossning med hjullastare) är billigare än med kran, men det kräver att hjälp erhålles från arbetsplatsens hjullastare utan någon nämnvärd väntan. Kan inte arbetsplatsen planera arbetet så de relativt snabbt kan lösgöra hjullastaren för lossning kan det vara idé att ha bil med kran. Varje leverantör bör ha någon bil utrustad med kran för sådana arbetsplatser där lossning med hjullastare inte kan erhållas. Överenskommelse om lossningsmetoden måste träffas i samband med beställningen och prissättningen.
- De tekniska och funktionella kraven på lastbärarna bör ses över och de bör förbättras på vissa punkter. Kraven på stålhackarna är framförallt att de är utrustade med en spärr som gör att de tomma inte kan "slå igen" av sig själva, då stor klämrisk föreligger. Båda dessa typer av lastbärare kräver att de hanteras med förstånd så att reparation och underhåll hålls nere. Pallramarna måste t ex vara spikade på rätt sätt och med lämplig kamspik för att hålla. De måste ses över (kontrolleras) innan man lägger rör på dem nästa gång. Användarna (förrarna) måste informeras om hur de skall användas så att onödiga risker undviks.
- Om man använder lastbärare för de raka rören, är det logiskt att någon typ av lastbärare även används för grenrör, krokrör och liknande. Här kan

lämpligen en större pall respektive nätcontainer (eller combitainer) vara lämplig.

#### Rekommendationer att följa upp

- Ø 100 hanteras i stålhack med tanke på rörsador och ergonomiska fördelar.
- Ø 150 hanteras i stålhack om dessa kan tas tillbaka vid ny leverans. Om så inte är fallet är pallramar mer lämpade. Om man vid fabriken inte vill lagföra båda sätten så torde pallramsalternativet vara att föredra.
- Ø 225-300 bör hanteras på pallram oberoende av när pallramarna kan tas tillbaka. Detta gäller inte om rören vid fabriken matas ut på kedjetransportör och hanteras i romboidformade lastenheter (bild 27-28 i bilaga 1). I dessa fall bör den typen av lastenhet hanteras utan lastbärare hela vägen fram till arbetsplatsens mellanlager. Detta får dock ses som ett specialfall eftersom det endast förekommer i blygsam omfattning.
- Ø 400 bör hanteras på pallram om dessa kan tas tillbaka vid ny leverans. Om så inte är fallet är det inte lika självklart att lastbärare skall användas. Har man pallram för Ø 225-300 talar dock det mesta för att sådana bör användas även för Ø 400 för att få enhetlighet i hanterings- och lagringssätt.
- Beträffande användning av växelflaksfordon så är detta helt givet om man till stor del har transporter där flaken kan lämnas på arbetsplatsen eller förrådet. Om man vid fabriken till övervägande del har blandlass och lastningstider över en timme bör man gå över till växelflak även om man skall lossa på traditionellt sätt. För detta talar växelflakens gynnsamma effekt på truckbehov och lastningstidernas spridning vid fabriken. Vid mera renodlade rörläss av här behandlade dimensioner liggande på lastbärare, är dock växelflaken normalt överflödiga.

#### 4.7.3 Ergonomisk kommentar

Ett förpackningssystem för rören kan förenkla rörhanteringen på såväl fabrik som byggarbetsplats.

Ett enklare lastningssätt vid fabriken minskar belastning både på truck och lastbilschaufför. Det är viktigt att förpackningssystemet också uppfyller de krav som ställs av den fortsatta hanteringen på byggarbetsplatsen. Bland annat skall det inte krävas någon manuell hantering av rören på arbetsplatsen. Byggarbetsplatsens maskiner och förpackningssystemet måste alltså anpassas till varandra. Byggergonomilaboratoriet förutsätter att pallramar och stålhackar konstrueras så att en från arbetsolycksfallssynpunkt säker hantering kan åstadkommas, bland annat bör de regelmässigt underhållas och vara anpassade till speciella lyftredskap, så att risken för en felaktig hantering elimineras.

Under utredningsarbetets gång har vi försökt att systematiskt samla in olika tips och idéer om nya eller förbättrade metoder för rörhantering. Dessa metoder har vi sedan jämfört med den i kapitel 3 definierade "normalmetoden", som tjänat som bas för alla bedömningar och beräkningar. Utvärderingen har omfattat såväl teknisk-ekonomiska som ergonomiska aspekter. Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Användningen av växelflak för rörtransporterna från fabrik till arbetsplats ger i många fall klara ekonomiska fördelar. De jämförande kalkyler, som gjorts, gäller det mycket vanliga transportavståndet 50 km (enkel väg). Vid kortare transporter ökar växelflakens lönsamhet, beroende på den större möjligheten att hinna med en vända till per fordon och dag.

Av beräkningarna framgår att man bör eftersträva lossning med hjullastare, så att bilkranen kan undvaras. Detta gäller vid såväl konventionella fordon som fordon med växelflak. Här måste dock arbetet läggas upp så, att hjullastaren finns tillgänglig för lossning, då bilen kommer. Detta innebär en utökad och noggrannare transportplanering från både rörleverantör och arbetsplats. Dessutom krävs att dessa bilar alltid kan lossas med hjullastare, för att bilkranen skall kunna undvaras. Eftersom det med stor sannolikhet alltid kommer att finnas arbetsplatser, där en hjullastarbaserad teknik inte lämpar sig, bör rörleverantören ha någon bil utrustad med kran och då i första hand släpmonterad sådan.

Om lastningstiden till stor del är över 1 timme, bör man gå över till växelflak, oberoende hur lossning sker. Förekommer det transporter av den typ (upprepade transporter till samma plats) att man kan lämna växelflaken på platsen, så är växelflaksalternativet kostnadsmässigt helt utan konkurrens, oberoende av hur lossningen sker. Växelflaken blir även mer och mer lönsamma med åren, eftersom kostnadsbilden förändras i den riktningen.

- Rörläggning med kranförsedd hjullastare är enligt vår bedömning ett mycket konkurrenskraftigt alternativ. Kapacitetsmässigt är metoden sannolikt den främsta av de, som behandlas i denna rapport. Vi anser den också vara gynnsammare ur ekonomisk synvinkel än den s k normalmetoden.

Metodens största fördel i övrigt är att den är baserad på användning av hjullastare, vilket innebär välbekant teknik med stor framkomlighet och flexibilitet. Krandelen kan snabbt och enkelt kopplas av och maskinen tjänstgör då som "vanlig" hjullastare. Gripverktyget kan också lätt bytas ut, t ex mot en gripskopa.



En av metodens nackdelar är att den medför en ny-investering på maskinsidan, i och med att krantillsatsen är en specialutrustning för just rörläggning. Kranarna som sådana innebär dock inget nytt, eftersom de funnits på lastbilar i många år. Metoden har också vissa begränsningar vid hantering av brunnsbottendor och avloppsrör med diametern större än 1.000 mm. Utläggningen begränsas då till ca 3 meter på grund av den stora tyngden.

Vi anser dock att fördelarna klart överväger, inte minst med hänsyn till de ergonomiska aspekterna. I den planerade etappen II av detta projekt, vill vi därför i första hand prova och utvärdera just denna utrustning.

- En något modifierad version av skogsmaskinen "Combi" är också mycket användbar vid rörhantering. Vid beträffar lägningskapacitet och ergonomi är metoden fullt jämförbar med den kranförsedda hjullastaren. I andra avseenden finns dock klara nackdelar. Den medför bl a en betydande ny-investering på maskinsidan, i och med att Combi blir en specialutrustning för just rörläggning. De alternativa användningsområdena är också tämligen få, endast enstaka lyft- och transportuppdrag kan bli aktuella på en byggarbetsplats i och med att maskinen saknar skopa av hjullastartyp.

Till metodens fördelar hör att den har stor framkomlighet och bra lyft- och lastförmåga. Maskinen klarar även hanteringen av brunnsbottendor, liksom avloppsrör i storleksklassen  $\emptyset$  1000.

- Kombinationen industritraktor - lastaggregat - kran - vagn var ursprungligen tänkt som ett "lågprisalternativ". Metoden kan, med hänsyn till lägningskapaciteten, endast vara ekonomiskt motiverad vid rörläggning på arbetsplatser där framkomligheten är mycket bra. Vid andra förhållanden är lönsamheten mera tveksam.

Till metodens fördelar hör att utrustningen är mycket användbar för transporter av olika slag på arbetsplatsen, i synnerhet med tanke på att såväl lastaggregatet som kranen kan användas. Traktorn kan t ex användas för lossning av rör från lastbil.

Maskinen kan dock inte ersätta en hjullastare annat än som just dragfordon. I övrigt är den alltför liten och lätt. Den klarar ej heller hanteringen av brunnsbottendor eller 2 meter långa avloppsrör med större diameter än 500 mm.

- Den speciella "tång" för rörhantering, som utvecklats vid Skånska Cementgjuteriets arbetsplats Rydebäck i Helsingborg, har såvitt vi känner till ännu ej använts på någon annan plats. I denna

rapport har metoden behandlats tillsammans med de övriga metoder, som studerats vid arbetsplatsbesöken, men på grund av att den är så lite känd och spridd, har vi ansett det motiverat att omnämna metoden även under kapitlet "Alternativa metoder". Beträffande teknisk-ekonomiska kommentarer, hänvisas till kapitel 3.

Tången kan givetvis kombineras med annan utrustning än grävmaskin. Vi behandlar dock ej dessa kombinationsmöjligheter här, eftersom vi bedömer dessa vara underlägsna respektive metods hydrauliska gripanordning.

Användningen av lastbärare av icke engångstyp innebär ett visst administrativt merarbete både vad gäller hämtning och underhåll av dem. Detta kompenseras dock, i större eller mindre utsträckning, av faktorer som rationellare hantering, bättre ergonomi, minskade rörsador etc. Utvärderingen av ställramar och pallramar har resulterat i nedanstående rekommendationer, vilka bör bli föremål för uppföljning i etapp II av detta projekt. Lastbärarna bör även förbättras i vissa hänseenden.

Ø 100 hanteras i ställhäck med tanke på rörsador och ergonomiska fördelar.

Ø 150 hanteras i ställhäck om dessa kan tas tillbaka vid ny leverans. Om så inte är fallet är pallramar mer lämpade. Om man vid fabriken inte vill lagrföra båda sätten, torde pallramsalternativet vara att föredra.

Ø 225-300 bör hanteras på pallram oberoende av när pallramarna kan tas tillbaka. Detta gäller inte om rören vid fabriken matas ut på kedjetransportör och hanteras i romboidformade lastenheter (bild 27-28 i bilaga 1). I dessa fall bör den typen av lastenhet hanteras utan lastbärare hela vägen fram till arbetsplatsens mellanlager. Detta får dock ses som ett specialfall, eftersom det endast förekommer i blygsam omfattning.

Ø 400 bör hanteras på pallram om dessa kan tas tillbaka vid ny leverans. Om så inte är fallet, är det inte lika självklart att lastbärare skall användas. Har man pallram för Ø 225-300, talar dock det mesta för att sådana bör användas även för Ø 400 för att få enhetlighet i hanterings- och lagringsätt.

Under genomförandet av detta projekt har vi, främst i samband med arbetsplatsbesöken, kommit i kontakt med många olika typer av lyftkrokar, lyftsaxar, hopdragare, wirestroppar etc. Dessa, till formatet små hjälpmedel och redskap, har beskrivits i avsnitt 2.3 Metodbeskrivningar.

Vi har också konstaterat att vissa detaljer i redskap och dylikt behöver förändras och förbättras. Detta kan t ex tänkas ske inom ramen för etapp II av detta projekt, eller vid separata byggforskningsuppdrag. Den ovan beskrivna "tången" för hantering av rör, bör utvecklas så tången även kan komma åt att ta rör som ligger tätt ihop, t ex på pallramar. Vidare skulle för hopskjutningsarbetet ett särskilt rörläggarspett kunna utvecklas. Det kunde t ex få en spadformad nederdel, för att förbättra spettets förmåga att fästa i grusbädden.

BILAGA 1. FOTON

BILD 1. Lastning av rör med flerpinns-gaffel



BILD 2. Lastning av rör med flerpinns-gaffel



BILD 3. Lossning med bilkran



BILD 4. Lossning med bilkran





BILD 5. Manuell hantering av  
rör  $\varnothing$  150



BILD 6. Transport av stålhack



BILD 7. Manuell lossning av rör



BILD 8. Rörtransport med hjul-  
lastare + kranarm.



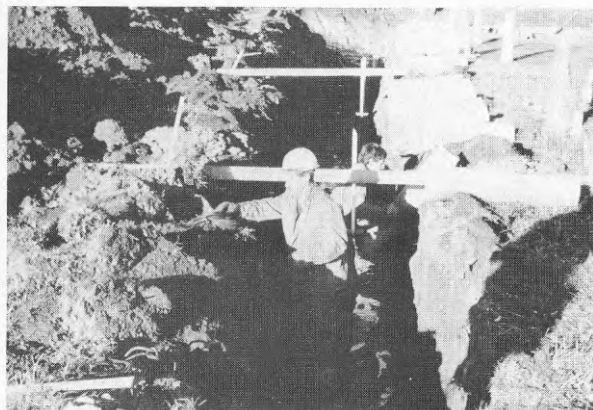


BILD 9. Nedlyftning av  $\varnothing$  150 i rörgraven



BILD 10. Påsättning av gummiring på  $\varnothing$  150

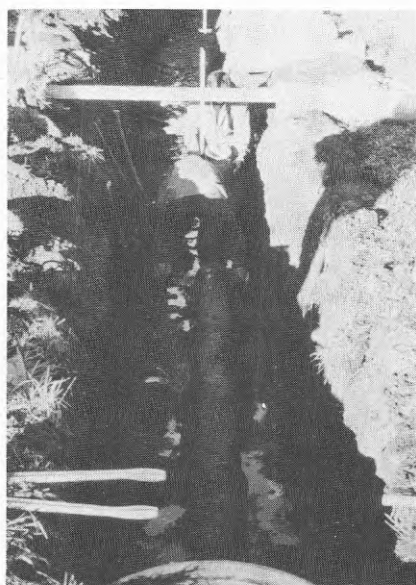


BILD 11. Omkulläggning av  $\varnothing$  150



BILD 12. Hopskjutning av  $\varnothing$  150



BILD 13. Lyftsax för rör



BILD 14. Lyftkrok för rör



BILD 15. Användning av lyftkrok



BILD 16. Användning av lyftkrok



BILD 17. Tång för rörlyft



BILD 18. Tång för rörlyft

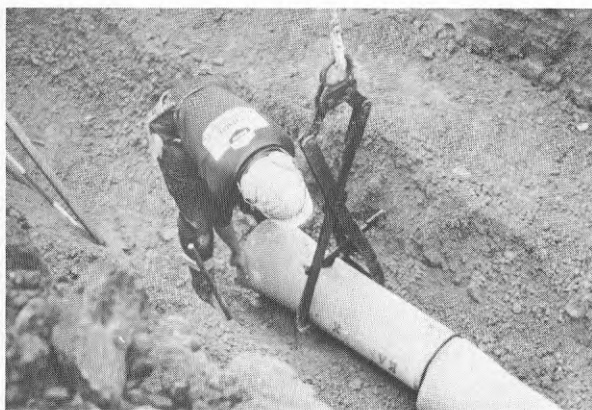


BILD 19. Användning av tång



BILD 20. Påsättning av gummiring





BILD 21. Inriktning av rörände



BILD 22. Hopskjutning med spett

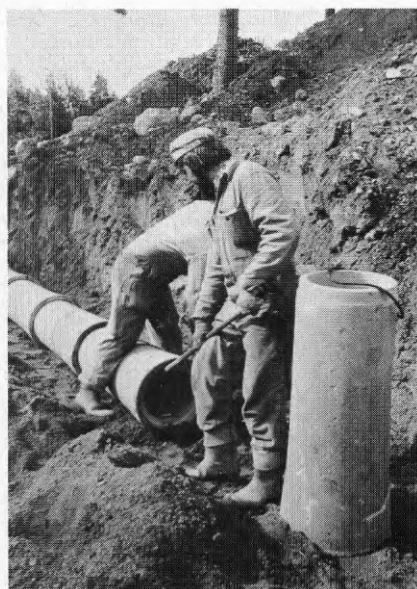


BILD 23. Efterjustering av röret

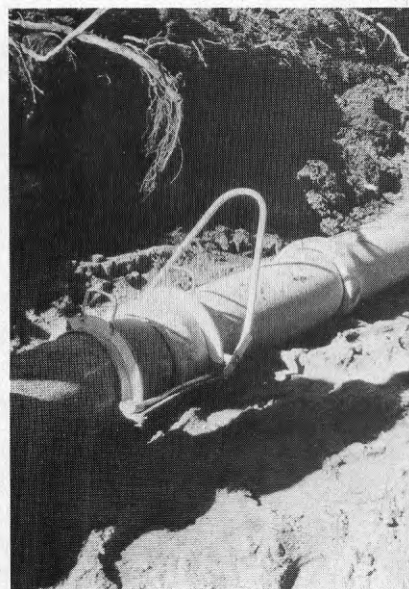


BILD 24. Hopdragare



BILD 25. Användning av hopdragare



BILD 26. Rör på pallramar



BILD 27. Specialgaffel för rörlyft

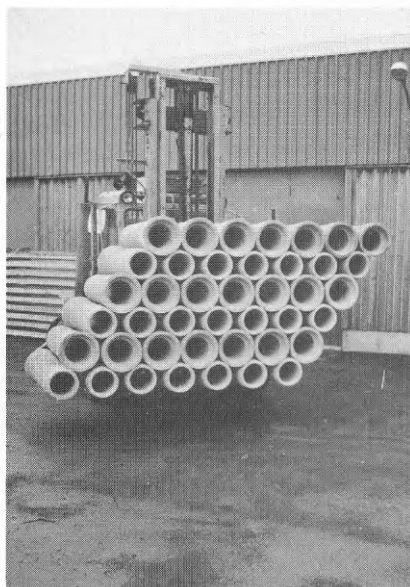


BILD 28. Truckbörda med specialgaffel

BILAGA 2. ARBETSMETODBLAD

Framsida.

BFR-projekt 770490-2 Rörläggning.  
ARBETSMETODBLAD

Arbetsplats:	Datum:	Upprättat av:																								
Typ:	Objekt:																									
Storlek:	Byggtid:																									
Arb.ledn.	Planeringsnivå:																									
Arb.kraft:	UE/SE:																									
Arbete:	Material:																									
Maskiner:																										
Produktionskedja: <table border="0"> <tr> <td>Fabrik</td> <td></td> <td>Arb.plats</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lagring</td> <td>Extern</td> <td>Lösning</td> <td>Intern</td> <td>Förarb.</td> <td>Läggning</td> <td>Provtryck.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lastning</td> <td>transport</td> <td>Lagring</td> <td>transport</td> <td>rörgrav</td> <td>rör</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Fabrik		Arb.plats						Lagring	Extern	Lösning	Intern	Förarb.	Läggning	Provtryck.		Lastning	transport	Lagring	transport	rörgrav	rör		
Fabrik		Arb.plats																								
Lagring	Extern	Lösning	Intern	Förarb.	Läggning	Provtryck.																				
Lastning	transport	Lagring	transport	rörgrav	rör																					
Startsituation:		Slutsituation:																								
FÖRHÅLLANDEN AVSEENDE DET AKTUELLA ARBETET																										
Utrustning:	Arbetsförhållanden: 1.Arb.tid: 2.Raster: 3.Gångavst: 4.Väder: 5.Trp.vägar: 6.Kringförhållanden: 7.Kontinuitet: 8.Löneform: 9.Produktionstakt: 10.Arb.kraft:																									
Ergonomiska iakttagelser:																										





## BILAGA 3. ARBETSMETODBLAD (IFYLLT)

Framsida.

BFR-projekt 770490-2 Rörläggning.  
ARBETSMETODBLAD

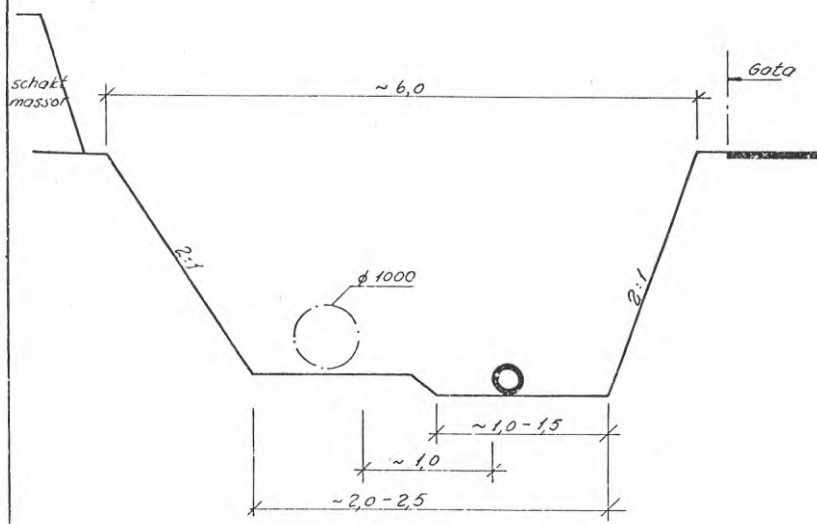
Arbetsplats: <i>Viksjo, Järfälla</i>	Datum: <i>1978.08.24</i>	Upprättat av: <i>E. Andersson</i>																								
Typ: <i>Småhusexploatering</i>	Objekt: <i>Rörläggning</i>																									
Storlek: <i>Denna etapp: 127 hus</i>	Byggtid: <i>7.0 m 1980</i>																									
Arb.ledn. <i>Platschef, 2 arb.ledare, utsättare</i>	Planeringsnivå: <i>Huvudtidplan</i>																									
Arb.kraft: <i>1 lag</i>	UE/SE: <i>Huvudentreprenör</i>																									
Arbete: <i>Läggning av 8 225 S schaktad grav</i>	Material: <i>Kanmax, oarmerat betongrör 86 kg/st L=1,0 m</i>																									
Maskiner: <i>2 st grävmaskiner Åkerman H12 Volvo BM 845 med olika förlängningsanordningar Dynapac vibroslöde 400 kg</i>																										
Produktionskedja: <table border="0"> <tr> <td>Fabrik</td> <td></td> <td>Arb.plats</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lagring</td> <td>Extern</td> <td>Lösning</td> <td>Intern</td> <td>Förarb.</td> <td>Läggning</td> <td>Provtryck.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lastning</td> <td>transport</td> <td>Lagring</td> <td>transport</td> <td>rörgrav</td> <td>rör</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Fabrik		Arb.plats						Lagring	Extern	Lösning	Intern	Förarb.	Läggning	Provtryck.		Lastning	transport	Lagring	transport	rörgrav	rör		
Fabrik		Arb.plats																								
Lagring	Extern	Lösning	Intern	Förarb.	Läggning	Provtryck.																				
Lastning	transport	Lagring	transport	rörgrav	rör																					
Startsituation: <i>16 st rör stående i grav</i>	Slutsituation: <i>Hopboxade rör</i>																									
FÖRHÅLLANDEN AVSEENDE DET AKTUELLA ARBETET																										
Utrustning: <i>Spett Låsflukt Skyffel</i>	Arbetsförhållanden: 1. Arb.tid: 2. Raster: 3. Gångavst: 10 m 4. Väder: sol, varmt 5. Trp.vägar: asfalterade 6. Kringförhållanden: jämn plan mark 7. Kontinuitet: intermitent (ca 16 rör) 8. Löneform: premieackord 9. Produktionstakt: normal 10. Arb.kraft: 1 lag (2 man)																									
Ergonomiska iakttagelser: (pkt. hänförs sig till arb.metod på omst. sida) Allmänt: varmt i rörgrav, buller från löspump Pkt. 6: Lyft med krökt rygg under samtidig förflyttning Pkt. 7: Lyft med böjd rygg under samtidig inpassning av rörände, klämningsrisk. Pkt. 10: Vid justering av röret förekommer upprepade lyft m. böjd rygg.																										

## ARBETSMETODBLAD (IFYLLT)

Baksida.

Arbetsmetod:						
Beskrivning	Öppna	Stäng	Stäng	Stäng	A-värde m. min	Anmärkningar
1. <i>Hämtning gummiringar</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	40	
2. <i>Påsättning "</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		225 stående rör, 16 st
3. <i>Riktningsskontroll</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4. <i>Just. bef. ledn. ändre</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5. <i>Tillv. löstluft</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6. <i>Lyft rör (stående → ligg.)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2 man (se erg. iakttagelser)
7. <i>Inläggning rörände</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	2 man ( " )
8. <i>Hopboxning m. spett</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		svår att få fäste i gruset
9. <i>Riktningsskontroll m. löstluft</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10. <i>Justering rör</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		se erg. iakttagelser
11.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12. <i>o.s.v från 6-10</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0,8	
13.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Skisser:



BILAGA 4. UNDERLAG FÖR INTERVJUER

## RÖRLÄGGARE OCH CHAUFFÖRER

A Tekniska faktorer

- 1 Halkning
- 2 Snubbling
- 3 Fall till lägre nivå
- 4 Trampning på, stöt av eller mot föremål
- 5 Splitter, stänk
- 6 Fallande föremål - egen hantering
- 7 Fallande föremål - andras hantering
- 8 Klämning
- 9 Ras
- 10 Påkörning av fordon
- 11 Laser
- 12 Övriga risker
- 13 Förslag till förbättringar

B Fysiologisk arbetsbelastning

- 1 Tungt arbete?
- 2 Tunga lyft (vikt?)
- 3 Tungt bärande (vikt?)
- 4 Oformliga bördor
- 5 Tung skjutning eller dragning
- 6 Tunga verktyg eller redskap
- 7 Vid vilka rörvikter/storlekar används mekaniska anordningar för lyft- och hopdragning
- 8 Hög belastning på armar och skuldror
- 9 Hög belastning på rygg
- 10 Hög belastning på höfter och ben
- 11 Statisk muskelbelastning
- 12 Långa gång och/eller transportsträckor
- 13 Klättring eller annan tung förflyttning
- 14 Belastningstoppar
- 15 Omväxling mellan tungt och lätt arbete
- 16 Är du fysiskt utmattad efter jobbet?
- 17 Saknas något redskap eller verktyg?
- 18 Övriga problem
- 19 Förslag till förbättringar

C Arbetsställningar

- 1 Framåtlutad arbetsställning
- 2 Knästående arbetsställning
- 3 Arbete med armarna över axelhöjd
- 4 Krökta, vridna eller andra onaturliga arbetsställningar
- 5 Ensidiga rörelser
- 6 Tunga lyft i kombination med vridning av kroppen
- 7 Arbetsutrymmet för litet
- 8 Svåråtkomliga arbetsgrepp
- 9 Övriga problem
- 10 Förslag till förbättrade arbetsställningar

D      Fysikaliska och kemiska miljöfaktorer

- 1      Smutsigt arbete
- 2      Damm från stenmaterial eller andra produkter
- 3      Kyla, drag och blåst
- 4      Väta av nederbörd
- 5      Väta på grund av arbetsprocessen
- 6      Dieselavgaser eller spränggaser
- 7      Giftiga eller irriterande ämnen
- 8      Allergiframkallande ämnen
- 9      Buller
- 10     Vibrationer och skakningar
- 11     Synförhållanden
- 12     Sambanden mellan temperatur-klimat och arbetet-användandet av skyddsutrustning
- 13     Övriga problem
- 14     Förslag till förbättringar av miljön

E      Psykosociala faktorer

- 1      Hur är samarbetet och kontakten med arbetskamraterna och arbetsledningen?
- 2      Har du möjlighet att själv påverka och förändra arbetet?
- 3      Är arbetstakten högt uppskruvad?
- 4      Upplever du ditt arbete som stimulerande?
- 5      Vad har du för löne- och anställningsform?
- 6      Vad är bra och vad vill du ändra på i arbetet?

ARBETSLEDARE

- 1      För- och nackdelar med nuvarande metoder.
- 2      Trånga sektorer, var hakar det vanligen upp sig?
- 3      När används mekaniska anordningar för hopdragning av rören?
- 4      Rörsador.
- 5      Läckage vid provtryckning.
- 6      Olycksfallsrisker och yrkesskador.
- 7      Relationer till kollektivanställda.
- 8      Ritningar.
- 9      Förslag till förbättringar.



BILAGA 5. INTERVJUPROTOKOLL

Datum .....

Arbetsplats: .....

Huvudentreprenör: .....

Arbetsgivare: .....

Arbetstider: .....

Namn: .....

Yrke: .....

Ålder: .....

Tid på arbetsplatsen: .....

Tid i företaget: .....

Erfarenhetstid av  
arbetet: .....

Nationalitet: .....

Faktorer av betydelse  
(handikapp etc): .....

.....

.....

## BILAGA 6. BLANKETT FÖR ARBETSMETODSAMMANSTÄLLNING

BFR projekt 770490-2  
Rörläggning

ARBETSMETODSAMMANSTÄLLNING

Rördimension:

Prod- data		
Objektbeskrivn.		
Produktionsfaktorer	Arb.kraft	
	Maskiner	
	Utrustn.	
Arb. fördeln.	Manuellt	
	Maskinellt	
min/enhet		
Kostnad	Arb.kraft	
	Maskiner och utrustning	
	Totalt kr/m	
Ergonomisk analys		

## BILAGA 7. BLANKETT FÖR ARBETSMETODSAMMANSTÄLLNING (IFYLLD)

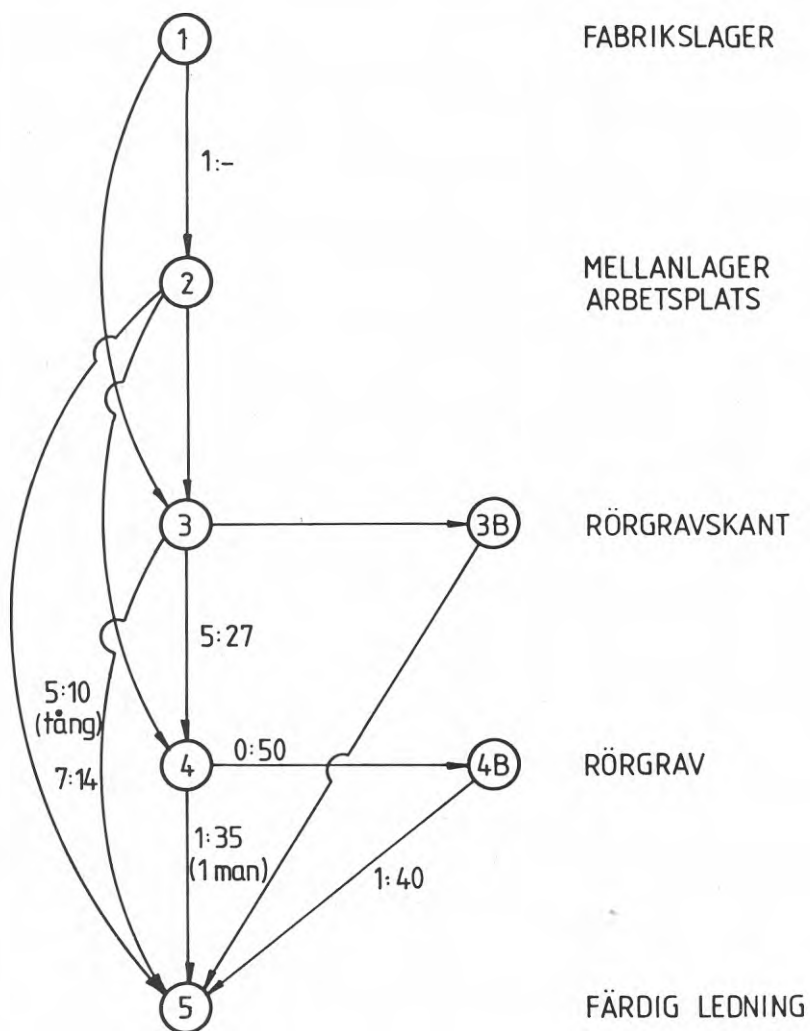
BFR projekt 770490-2  
Rörläggning

## ARBETSMETODSAMMANSTÄLLNING

Rördimension:  $\phi 225$ 

Prod- data		4-5							
		METOD 1	METOD 2				METOD 3		METOD 4
		4a-5	4a-5			4b-5	4b-5		4b-5
Objektbeskrivn.		Schaktad grav Entr. (GK)	Sprängd grav Egen regi	Sprängd grav Entr.	Schaktad grav Egen regi	Schaktad grav Entr.	Schaktad grav Entr.	Sprängd grav Egen regi	Sprängd grav Entr.
P r o d u k t i o n s f a k t o r e r	Rörfabrikat	Finsta	Kanmax	Kanmax	Kanmax	Kanmax	Kanmax	Finsta	Beta
	Arb.kraft	1 man	2 man	2 man	2 man	2 man	2 man	2 man	2 man
	Maskiner	—	—	—	—	—	—	—	—
	Utrustn.	Spett Skyffel	Spett Skyffel Laser	Spett Skyffel Laser	Spett Skyffel Laser	Spett Skyffel Laser	Spett Skyffel Lösflukt	Spett Skyffel Lösflukt	Hopdragare Spett Skyffel Laser
A r b. f ö r d e l n.	Manuellt	Påsättn. g-ring Inlyftn.rör Hopdragn. Kontroll	som vidst.	som vidst.	som vidst.	som vidst.	som vidst.	som vidst.	som vidst.
	Maskinelett	—	—	—	—	—	—	—	—
min/enhet		1,25	—	—	—	—	0,94	1,4	—
K o s t n a d	Arb.kraft	1:35					2:04	3:03	
	Maskiner och utrustning	—					—	—	
	Totalt kr/m	1:35					2:04	3:03	
Ergonomisk analys		Ja	—	—	—	—	—	—	—

Metodblad nr: 4 2 5 1 7 6 10 3



BILAGA 9. TRANSPORT MED KONVENTIONELL BIL - KALKYLERKalkylförutsättningar

- Timkostnader:
 

Bil med släp och förare	150 kr/tim
Bakmonterad kran med flerpinnsgaffel	40 "
Gaffeltruck med flerpinnsgaffel och förare	100 "
Hjullastare "-	125 "
- Lossningstider (uppskattade):
 

Med bilkran	60 min/lass (= 1,0 tim)
Med hjullastare	45 min/lass (= 0,75 tim)
- Lastningstider:
 

Eftersom lastningstiden är så starkt beroende av utrustning och lastsammansättning, får följande beräkningar ligga till grund för uppritande av diagram, där läsaren kan välja för honom lämplig lastningstid (30-120 min/lass) och få ut ungefärlig transportkostnad dels per lass, dels per ton.
- Transportavstånd och -hastigheter:
 

Kalkylerna görs för transportavståndet 50 km enkel väg, som är ett mycket vanligt avstånd.  
 Hastighet med last 45 km/tim i genomsnitt  
 Hastighet utan last 55 "-
- Laststorlek (beräknad):
 

Ekipage utan kran	27,7 ton
Ekipage med kran	26,2 ton

Med ovanstående förutsättningar erhålles följande kalkyler.

Ekipage med kran

- Lastningskostnad:
 

Bil med släp och förare	150 kr/tim
Kran med gaffel	40 "
Gaffeltruck med förare	100 "
	<u>290 kr/tim</u>

Vid 30 min lastningstid  $0,5 \times 290 = 145$  kr/lass  
 Vid 120 min lastningstid  $2 \times 290 = 580$  "
- Transportkostnad (undervägs kostnad):
 

Genomsnittshastighet  $\frac{45 + 55}{2} = 50$  km/tim

Väg (fram och åter) = 100 km  
 Tid =  $\frac{100}{50} = 2$  tim

Timkostnad (bil med kran)	190 kr/tim
Undervägs kostnader	$2 \times 190 = 380$ kr/lass



## - Lossningskostnad:

Timkostnad (bil med kran)	190 kr/tim
Lossningstid	1,0 tim
Lossningskostnad	190 kr/lass

## - Summa kostnad vid

30 min lastningstid:

Lastning	145 kr/lass
Transport	380 "
Lossning	190 "
	<hr/> 715 kr/lass = 27:30 kr/ton

120 min lastningstid:

Lastning	580 kr/lass
Transport	380 "
Lossning	190 "
	<hr/> 1.150 kr/lass = 43:90 kr/ton

Ekippage utan kran (lossning med hjullastare)

## - Lastningskostnad:

Bil med släp och förare	150 kr/tim
Gaffeltruck med förare	100 "
	<hr/> 250 kr/tim

Vid 30 min lastningstid	0,5 x 250 = 125 kr/lass
Vid 120 min lastningstid	2 x 250 = 500 "

## - Transportkostnad:

Tid enligt ovan	2 tim
Timkostnad (bil)	150 kr/tim
Undervägs kostnad	2 x 150 = 300 kr/lass

## - Lossningskostnad:

Timkostnad	
(bil + hjullastare)	275 kr/tim
Lossningstid	0,75 tim
Lossningskostnad	0,75 x 275 = 206:25 kr/lass

## - Summa kostnad vid

30 min lastningstid:

Lastning	125:- kr/lass
Transport	300:- "
Lossning	206:25 "
	<hr/> 631:25 kr/lass = 22:80 kr/ton

120 min lastningstid:

Lastning	500:- kr/lass
Transport	300:- "
Lossning	206:25 "
	<hr/> 1.006:25 kr/lass = 36:30 kr/ton

Transportavstånd vid 3 vändor/dag

Det är av stor ekonomisk betydelse om man hinner köra en vända till per dag med bilen. Möjliga transportavstånd, för att klara 3 vändor per dag med tidigare angivna förutsättningar, beräknas enligt följande.

- a) Tid per dag vid 3 vändor och 1 tim lossningstid (kran) samt 0,5 tim lastningstid:

$$\begin{array}{rcl} \text{Lastning} & 3 \times 0,5 & = 1,5 \text{ tim/dag} \\ \text{Lossning} & 3 \times 1,0 & = 3,0 \text{ "} \\ & & \hline & & 4,5 \text{ tim/dag} \end{array}$$

Därvid återstår =  $8 - 4,5 = 3,5$  tim/dag för transport.  
Vid 50 km/tim erhålles

$$\frac{3,5 \times 50}{2 \times 3} = 29,2 \text{ km transportväg (enkel)}$$

Vid 1,5 tim lastningstid erhålles

$$\begin{array}{rcl} \text{Lastning} & = 3 \times 1,5 & = 4,5 \text{ tim/dag} \\ \text{Lossning} & = 3 \times 1,0 & = 3,0 \text{ "} \\ & & \hline & & 7,5 \text{ tim/dag} \end{array}$$

Återstår för transport =  $8 - 7,5 = 0,5$  tim/dag

$$\frac{0,5 \times 50}{2 \times 3} = 4,2 \text{ km transportväg (enkel)}$$

- b) Vid en lossningstid av 0,75 tim (hjullastare) erhålles på samma sätt:

Vid 0,5 tim lastningstid:

$$\begin{array}{rcl} \text{Lastning} & = 3 \times 0,5 & = 1,5 \text{ tim/dag} \\ \text{Lossning} & = 3 \times 0,75 & = 2,25 \text{ "} \\ & & \hline & & 3,75 \text{ tim/dag} \end{array}$$

Återstår för transport =  $8 - 3,75 = 4,25$  tim/dag

$$\frac{4,25 \times 50}{2 \times 3} = 35,4 \text{ km transportväg (enkel)}$$

Vid 1,5 tim lastningstid:

$$\begin{array}{rcl} \text{Lastning} & = 3 \times 1,5 & = 4,5 \text{ tim/dag} \\ \text{Lossning} & = 3 \times 0,75 & = 2,25 \text{ "} \\ & & \hline & & 6,75 \text{ tim/dag} \end{array}$$

Återstår för transport =  $8 - 6,75 = 1,25$  tim/dag

$$\frac{1,25 \times 50}{2 \times 3} = 10,4 \text{ km transportväg (enkel)}$$

BILAGA 10. LÄGGNING AV RÖR - KALKYLERKalkylförutsättningar

Nedanstående kalkyler har till uppgift att belysa skillnaderna ur ekonomisk synpunkt mellan de olika lägningsmetoderna. Kostnaderna för exempelvis betongrör, återfyllningsmaterial, arbetsledning och utsättning har ej tagits med i beräkningarna, eftersom dessa är tämligen oförändrade oavsett metod.

## - Kapaciteter:

I de fall grävmaskinen ej deltar i själva rörhanteringen, förutsätts den ha sådan schaktkapacitet att den "håller undan" för rörläggarna. Schaktmassorna placeras av grävmaskinen invid rörgraven och någon borttransport antages alltså ej vara aktuell.

## - Startsituation:

Rörgravsläget utsatt, rör i upplag.

## - Slutsituation:

Färdig ledning, skyddsfyllning utförd.

## - Timkostnader:

Grävmaskin med förare	=	135 kr/tim
Hjullastare med förare	=	125 "
Industritraktor med förare	=	95 "
Rörläggare (inkl soc avgifter)	=	65 "

Transport och nedsänkning med hjullastare, manuell hopskjutning

## - Kostnad per dag:

Grävmaskin 8 x 135	=	1.080 kr/dag
Hjullastare (för hämtning och nedsänkning av rör samt hämtning och utläggning av grus, 6 tim/dag) 6 x 125	=	750 "
Rörläggare 2 man x 8 x 65	=	<u>1.040 "</u>
		2.870 kr/dag

Läggning med grävmaskin och eventuella lyftredskap

## - Timkostnad för lyftredskap, t ex lyftkrok:

Kostnaden för ett sådant litet lyftredskap, som avses här, kan ur kalkylsynpunkt helt anses ingå i grävmaskinens timkostnad.

-	Kostnad per dag:	
	Grävmaskin 8 x 135	= 1.080 kr/dag
	Hjullastare (för hämtning av grus och rör, 2 tim/dag) 2 x 125	= 250 "
	Rörläggare 2 man x 8 x 65	= <u>1.040 "</u>
		2.370 kr/dag

#### Läggning med grävmaskin och "tång"

-	Timkostnad för tången:	
	Tången, som är mycket enkel till sin konstruk- tion, medför endast marginella merkostnader i detta sammanhang. En kalkylkostnad på 3 kr/tim kan därför anses rimlig.	
-	Kostnad per dag:	
	Grävmaskin 8 x 135	= 1.080 kr/dag
	Tång 8 x 3	= 24 "
	Hjullastare (för hämtning av grus och rör samt utspridning av rör, 3 tim/dag) 3 x 125	= 375 "
	Rörläggare 8 x 65	= <u>520 "</u>
		ca 2.000 kr/dag

#### Läggning med kranförsedd hjullastare

-	Timkostnad för krandelen:	
	Inköpspris (inkl montage)	= 85.000 kr
	Avskrivningstid	= 3 år
	Ränta	= 10 %
	Arbetstid	= 1.200 tim/år
	Reparation, underhåll (% av inköpspris)	= 5 %
	Kostnad per timme:	
	$\frac{85000}{3 \times 1200} + \frac{10 \times 85000}{100 \times 2 \times 1200} + \frac{5 \times 85000}{100 \times 1200} = 30 \text{ kr/tim}$	

-	Kostnad per dag:	
	Grävmaskin 8 x 135	= 1.080 kr/dag
	Hjullastare med kran 8 x (125 + 30)	= 1.240 "
	Rörläggare 8 x 65	= <u>520 "</u>
		2.840 kr/dag

- Grusbesparing:

Vid såväl bottenavjämning som kringfyllning hanteras gruset med en gripskopa. Härigenom reduceras spillet avsevärt jämfört med traditionella metoder. Om grusåtgången antages minska från 1,5 till 1,0 m<sup>3</sup>/meter rörgrav, motsvarar detta en besparing på ca 20 kr/m, vid ett materialpris på 25 kr/ton.

Läggning med maskin av typen "Combi"

- Timkostnad för Combi (bedömt inköpspris 340.000 kr, varav däck 10.000 kr):

$$\text{Avskrivning (12.000 tim)} \frac{330.000}{12.000} = 27:50 \text{ kr/tim}$$

$$\text{Reserv- och slitdelar (50 \% av avskrivning)} = 13:75 "$$

$$\text{Reparationslöner (30 \% av avskrivning):} = 8:25 "$$

$$\text{Däck (2.000 tim): } \frac{10.000}{2.000} = 5:- "$$

$$\text{Bränsle: 5 lit/tim à 0:70 kr} = 3:50 "$$

$$\text{Olja: 0,15 lit/tim à 2:50 kr} = 0:38 "$$

$$\text{Fett, filter etc (100 \% av oljekostnaderna)} = 0:38 "$$

Ränta (10 %, 1.500 tim/år):

$$\frac{10 \times 340.000}{100 \times 2 \times 1.500} = 11:33 "$$

$$\text{Förelön (inkl soc avgifter)} = \underline{65:- "}$$

135:- kr/tim

- Kostnad per dag:

$$\text{Grävmaskin 8 x 135} = 1.080 \text{ kr/dag}$$

$$\text{Combi 8 x 135} = 1.080 "$$

$$\text{Rörläggare 8 x 65} = \underline{520 "}$$

2.680 kr/dag



- Grusbesparing:

Vid såväl bottenavjämning som kringfyllning hanteras gruset med en gripskopa. Härigenom reduceras spillet avsevärt jämfört med traditionella metoder. Om grusåtgången antages minska från 1,5 till 1,0 m<sup>3</sup>/meter rörgrav, motsvarar detta en besparing på ca 20 kr/m, vid ett materialpris på 25 kr/ton.

Läggning med industritraktor, kran och vagn

- Timkostnad för kompletteringsutrustning till traktorn:

Inköpspris (inkl montering) för:

Lastare	= 21.000 kr
Vagn (6 ton) med kran	= <u>45.000 "</u>
	66.000 kr

Avskrivningstid = 3 år

Arbetstid = 1.200 tim/år

Ränta = 10 %

Reparation, underhåll  
(% av inköpspris) = 10 %

Kostnad per timme:

$$\frac{66.000}{3 \times 1.200} + \frac{10 \times 66.000}{100 \times 2 \times 1.200} + \frac{10 \times 66.000}{100 \times 1.200} = 25 \text{ kr/tim}$$

- Kostnad per dag:

Grävmaskin 8 x 135 = 1.080 kr/dag

Industritraktor 8 x 95 = 760 "

Lastare, kran och vagn till dito  
8 x 25 = 200 "

Rörläggare 8 x 65 = 520

2.560 kr/dag

- Grusbesparing:

Vid såväl bottenavjämning som kringfyllning hanteras gruset med en gripskopa. Härigenom reduceras spillet avsevärt jämfört med traditionella metoder. Om grusåtgången antages minska från 1,5 till 1,0 m<sup>3</sup>/meter rörgrav, motsvarar detta en besparing på ca 20 kr/m, vid ett materialpris på 25 kr/ton.



## BILAGA 12. TRANSPORT MED VÄXELFLAKSEKIPAGE - KALKYL

Kalkylförutsättningar

- Timkostnader:
  - Bil och släp med utrustn. för växel­flak och förare = 150 kr/tim
  - Växel­flak (L = 7,15 m) per styck = 5 "
  - Hytt- eller släpmonterad kran med flerpinnsgaffel = 40 "
  - Gaffeltruck med flerpinnsgaffel och förare = 100 "
  - Hjullastare med flerpinnsgaffel och förare = 125 "
- Lossningstider (uppskattade):
  - Med hyttmonterad bilkran (flakväxling = 20 min) = 80 min (= 1,33 tim)
  - Med släpmonterad bilkran = 60 " (= 1,0 " )
  - Med hjullastare = 45 " (= 0,75 " )
- Terminaltid vid fabriken (uppskattad):
  - Bilens tid för växling av 2 flak (hyttmonterad kran) = 15 min (= 0,25 tim)
  - Bilens tid för växling av 2 flak (släpmonterad kran) = 18 min (= 0,30 " )
- Lastningstid:
 

Eftersom lastningstiden är så starkt beroende av utrustning och lastsammansättning, varierar tiden för gaffeltrucken och 2 flak mellan 30-120 min/lass i beräkningarna. Detta för att läsaren själv skall kunna välja för honom aktuell lastningstid i de diagram, som uppritas.
- Transportavstånd och hastigheter:
 

I enlighet med 3.3 väljes

Transportavståndet = 50 km (enkel väg)  
 Hastighet med last = 45 km/tim  
 " utan last = 55 km/tim
- Laststorlek (beräknad):
 

Bil med släp, växel­flak och kran = 22,8 ton  
 " utan kran = 24,3 ton

Med ovanstående förutsättningar kan följande kalkyler göras.

### Lastningskostnad vid fabriken

Gaffeltruck med förare = 100 kr/tim

Lastningskostnad vid 30 min lastningstid:

$0,5 \times 100 = 50$  kr/lass (= 2:19 kr/ton)

Lastningskostnad vid 120 min lastningstid:

$2 \times 100 = 200$  kr/lass (= 8:77 kr/ton)

### Total transportkostnad - ekipage med hyttmonterad kran (22,8 ton)

- Lastningskostnad enligt ovan:

Vid 30 min lastningstid = 50 kr/lass

" 120 "- = 200 "

- Transportkostnad (undervägs-kostnad):

Medelhastighet = 50 km/tim

Väg (fram och åter) = 100 km

Tid =  $\frac{100}{50}$  tim + växling flak. 0,25 tim = 2,25 tim

Timkostnad:

Bil och släp med utrustning för växelflak = 150 kr/tim

Växelflak, 4 st = 20 "

Hyttmonterad kran med gaffel = 40 "

210 kr/tim

Undervägs-kostnad =  $2,25 \times 210 = 473$  kr/lass

- Lossningskostnad:

Timkostnad enligt ovan = 210 kr/tim

Lossningstid (80 min) = 1,33 tim

Lossningskostnad =  $1,33 \times 210 = 279$  kr/lass

- Summa kostnad vid

#### 30 min lastningstid:

Lastning = 50 kr/lass

Transport = 473 "

Lossning = 279 "

802 kr/lass = 35:18 kr/ton

#### 120 min lastningstid:

Lastning = 200 kr/lass

Transport = 473 "

Lossning = 279 "

952 kr/lass = 41:75 kr/ton

Total transportkostnad - ekipage med släpmonterad kran  
(22,8 ton)

- Lastningskostnad enligt ovan:

Vid 30 min lastningstid = 50 kr/lass  
 " 120 " = 200 "

- Transportkostnad (undervägs-kostnad):

Tid = 2 tim + växling flak  
 (inkl koppl släp) 0,30 tim = 2,30 tim

Timkostnad:

Bil och släp med utrustn för växelflak = 150 kr/tim  
 Växelflak, 4 st = 20 "  
 Släpmonterad kran med gaffel = 40 "  
 210 kr/tim

Undervägs-kostnad = 2,30 x 210 = 483 kr/lass

- Lossningskostnad:

Timkostnad enligt ovan = 210 kr/tim  
 Lossningstid (60 min) = 1,0 tim  
 Lossningskostnad = 1,0 x 210 = 210 kr/lass

- Summa kostnad vid

30 min lastningstid:

Lastning = 50 kr/lass  
 Transport = 483 "  
 Lossning = 210 "  
 743 kr/lass = 32:59 kr/ton

120 min lastningstid:

Lastning = 200 kr/lass  
 Transport = 483 "  
 Lossning = 210 "  
 893 kr/lass = 39:17 kr/ton



Total transportkostnad - ekipage utan kran (24,3 ton)

- Lastningskostnad enligt ovan:

Vid 30 min lastningstid = 50 kr/lass  
 " 120 " = 200 kr/lass

- Transportkostnad:

Tid enligt ovan = 2,25 tim  
 Timkostnad:  
 Bil enligt ovan = 150 kr/tim  
 Växelflak, 4 st = 20  
 170 kr/tim

Undervägs kostnad =  $2,25 \times 170 = 383$  kr/lass

- Lossningskostnad (med hjullastare):

Timkostnad  
 Bil enligt ovan = 150 kr/tim  
 Växelflak 4 st = 20 "  
 Hjullastare = 125 "  
 295 kr/tim

Lossningstid = 0,75 tim  
 Lossningskostnad =  $0,75 \times 295 = 221$  kr/lass

- Summa kostnad vid

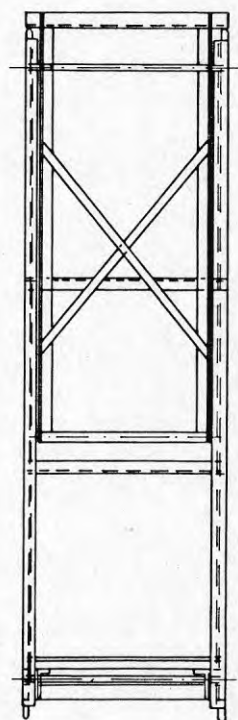
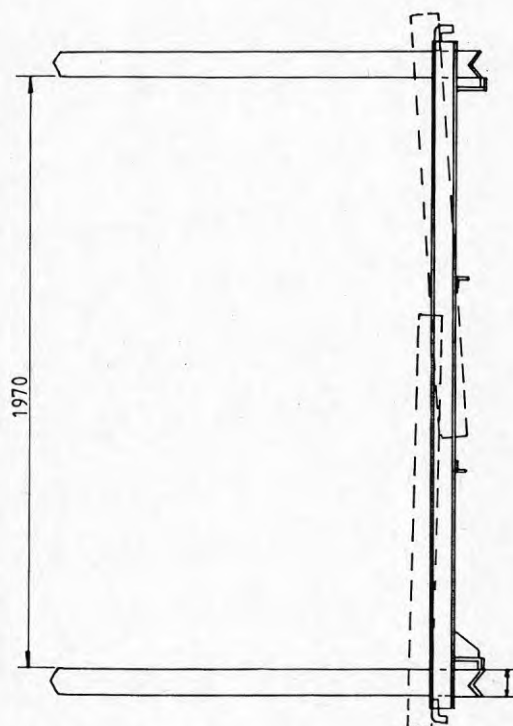
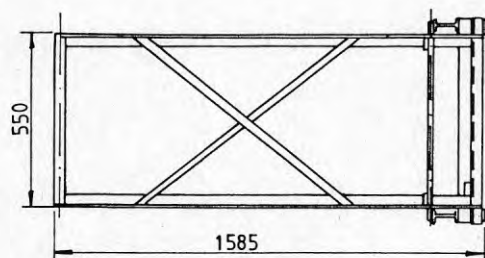
30 min lastningstid:

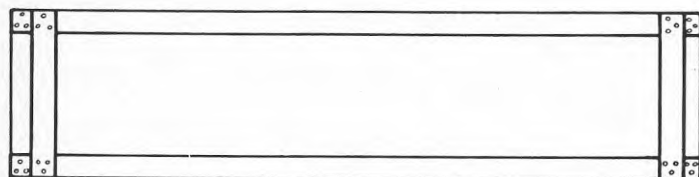
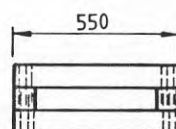
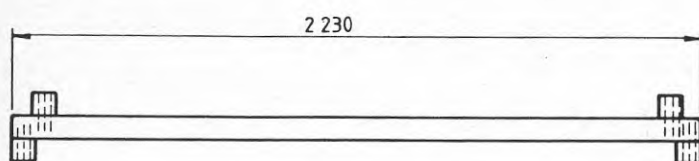
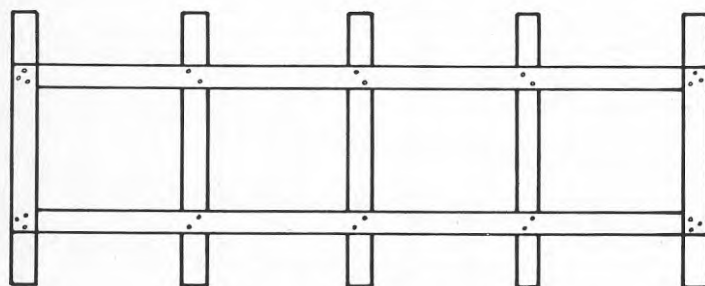
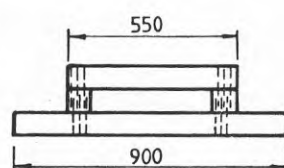
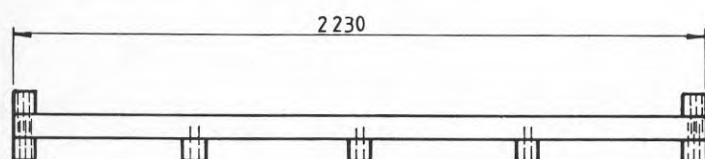
Lastning = 50 kr/lass  
 Transport = 383 "  
 Lossning = 221 "  
 654 kr/lass = 26:91 kr/ton

120 min lastningstid:

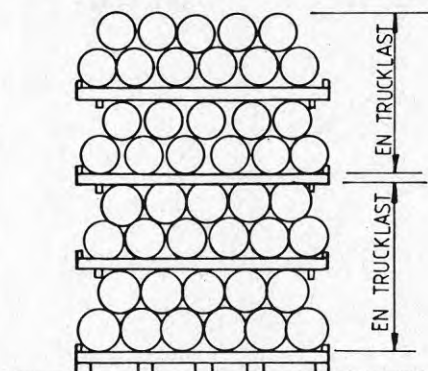
Lastning = 200 kr/lass  
 Transport = 383 "  
 Lossning = 221 "  
 804 kr/lass = 33:09 kr/ton

STÅLHÄCK, TYP PMV  
FÄLLBAR, STAPLINGSBAR

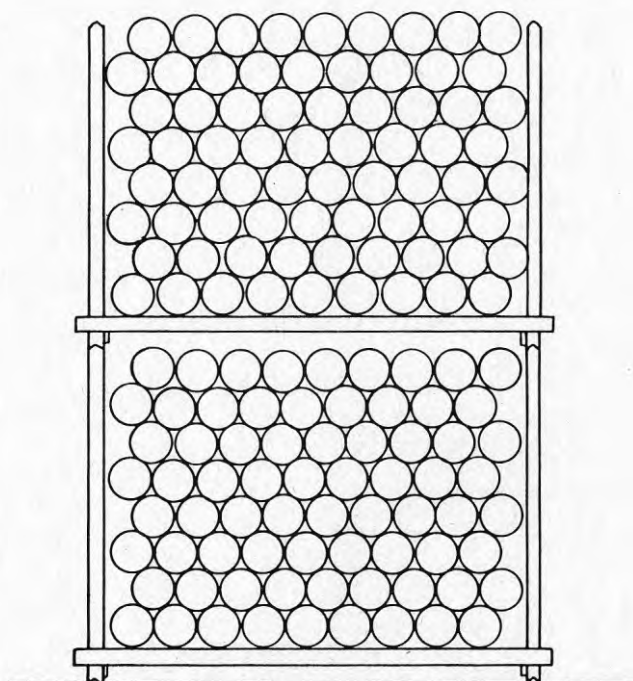


PALLRAMUNDERPALLRAM

## PALLRAMAR MED RÖR Ø 225



## STÅLHÄCKAR MED RÖR Ø 100



## BILAGA 16. BERÄKNING AV BILLASTER VID STÅLHÄCKAR OCH PALLRAMAR

Olika bilars lastförmåga (beräknad)

Konventionell bil med kran = 26,2 ton  
 Konventionell bil utan kran = 27,7 ton  
 Växelflaksbil med kran = 22,8 ton  
 Växelflaksbil utan kran = 24,3 ton

Last med rör i stålhäckar

6 stålhäckar får plats på vardera bil och släp (flaklängd = 7,15 m). Stålhäckens tomvikt = 120 kg.

Rör-diam.	Fordon	Häckar/lass	Rör/häck	Kg/rör	Rörvikt ton	Lastvikt inkl häckar
100	Alla slag	12	72	20	17,3	18,7 <sup>*)</sup>
150	Konv. bil med kran	11,6 <sup>**)</sup>	42	51	24,8	26,2 <sup>*)</sup>
150	Konv. bil utan kran	12	42	51	25,7	27,1
150	Växelflaksbil med kran	10	42	51	21,4	22,6
150	Växelflaksbil utan kran	10,7 <sup>**)</sup>	42	51	22,9	24,2 <sup>*)</sup>
225	Alla slag	12	20	86	20,6	22,0 <sup>*)</sup>
300	Alla slag	12	12	130	18,7	20,1 <sup>*)</sup>
400	Alla slag	12	6	205	14,8	16,2 <sup>*)</sup>

<sup>\*)</sup> Lastkapaciteten ej helt utnyttjad.

<sup>\*\*)</sup> Reducering till del av häck för anpassning till max-last.

Last med rör på pallramar

6 truckbördor får plats på vardera bil och släp (flaklängd = 7,15 m). Pallramens tomvikt = 30 kg.

Rör-diam.	Fordon	Bördor/lass	Rör/börda	Kg/rör	Rörvikt ton	Lastvikt inkl ramar
100	Alla slag	12	57	20	13,7	14,8 <sup>*)</sup>
150	Konv. bil med kran	11	45	51	25,1	26,2
150	Konv. bil utan kran	11,6 <sup>**)</sup>	45	51	26,6	27,7
150	Växelflaksbil med kran	9,5 <sup>**)</sup>	45	51	21,7	22,8
150	Växelflaksbil utan kran	10	45	51	23,2	24,3
225	Växelflaksbil med kran	11,7 <sup>**)</sup>	22	86	22,1	22,8 <sup>*)</sup>
225	Övriga fordon	12	22	86	22,7	23,4
300	Växelflaksbil med kran	11	15	130	21,7	22,8
300	Övriga fordon	12	15	130	23,4	24,5 <sup>*)</sup>
400	Alla slag	12	8	205	19,7	20,4

<sup>\*)</sup> Lastkapaciteten ej helt utnyttjad.

<sup>\*\*)</sup> Reducering till del av börda för anpassning till max-last.



I ovanstående tabell har räknats med följande lasthöjd:

Ø 100 = 3 ramar högt, 19 rör/ram  
Ø 150 = 3 ramar högt, 15 rör/ram  
Ø 225 = 2 ramar högt, 11 rör/ram  
Ø 300 = 3 ramar högt, 5 rör/ram  
Ø 400 = 2 ramar högt, 4 rör/ram

## BILAGA 17. ANVÄNDNING AV STÅLHÄCKAR - KALKYLER

Kalkylförutsättningar

- Timkostnader:
 

Konventionell bil med släp och förare	= 150 kr/tim
Bil och släp med utrustning för växelflak och förare	= 150 "
Växelflak (L = 7,15 m) per styck	= 5 "
Bilkran (bak- eller släpmonterad)	= 40
Gaffeltruck med förare	= 100 "
Hjullastare med förare	= 125 "
- Lossningstider (uppskattade):
 

Med bilkran (bak- eller släpmonterad)	= 40 min/lass (0,7 tim)
Med hjullastare	= 45 " (0,5 " )
- Terminaltid vid fabriken (uppskattad):
 

Bilens tid för växling av 2 flak (släpmonterad kran) = 18 min (= 0,3 tim)

(Terminaltiden hänförs i kalkylen till transportkostnaden).
- Lastningstider:
 

Eftersom lastningstiden är så starkt beroende av truckens köravstånd, utrustning m m varierar tiden här mellan 20-40 min/lass. Det är här räknat med ett renodlat lass bestående av 12 stålhackar med rör.
- Transportavstånd och -hastigheter:
 

I enlighet med 3.3 väljes

Transportavståndet	= 50 km (enkel väg)
Hastighet med last	= 45 km/tim )
" utan last	= 55 km/tim ) snitt = 50
- Laststorlek (beräknad):
 

Enligt bilaga 16 är lasterna beroende av rördimension och blir följande när tomvikten av stålhackarna räknats bort:

Ø 100	17,3 ton rör
Ø 150 konventionell bil med kran	24,8 "-
Ø 150 konventionell bil utan kran	25,7 "-
Ø 150 växelflaksbil med kran	21,4 "-
Ø 150 växelflaksbil utan kran	22,9 "-
Ø 225	20,6 "-
Ø 300	18,7 "-
Ø 400	14,8 "-

#### Kapitalkostnader för stålhäckar

Inköpspris (typ Piteå Mek. Verkstad) = 850 kr/st  
inkl viss frakt (18 kr)

Avskrivningstid = 7 år

Ränta = 10 %

Reparation och underhåll = 10 % av inköpspris per år  
(85 kr/år)

Antal fyllningar/år = 10

Kostnad per år =  $\frac{850}{7} + \frac{10 \times 850}{100 \times 2} + 85 = 248:93 \text{ kr/år}$

Kostnad per fyllning =  $\frac{248:93}{10} = \underline{24:89 \text{ kr/fyllning}}$

- Antal rör per häck (och fyllning)

Ø 100 = 72 rör/häck  
Ø 150 = 42 "  
Ø 225 = 20 "  
Ø 300 = 12 "  
Ø 400 = 6 "

- Kostnad per rör och ton:

Ø 100 = 0:35 kr/rör = 17:50 kr/ton  
Ø 150 = 0:59 " = 11:50 "  
Ø 225 = 1:24 " = 14:40 "  
Ø 300 = 2:07 " = 15:90 "  
Ø 400 = 4:15 " = 20:20 "

#### Konventionell bil med kran

- Lastningskostnad:

Bil med släp och förare = 150 kr/tim  
Kran med gaffel = 40 "  
Gaffeltruck med förare = 100 "

290 kr/tim

Vid 20 min lastningstid =  $\frac{20 \times 290}{60} = 97 \text{ kr/lass}$

Vid 40 min lastningstid =  $\frac{40 \times 290}{60} = 193 \text{ kr/lass}$

- Transportkostnad (undervägs-kostnad):  
 Timkostnad för bil med kran = 190 kr/tim  
 $Tid = \frac{100}{50} = 2 \text{ tim}$

$$\text{Undervägs-kostnad} = 2 \times 190 = 380 \text{ kr/lass.}$$

- Lossningskostnad:  
 Timkostnad (bil med kran) = 190 kr/tim  
 Lossningstid = 0,7 tim  
 Lossningskostnad =  $0,7 \times 190 = 133 \text{ kr/lass}$

- Summa kostnad vid:

20 min lastningstid:

Lastning	= 97 kr/lass
Transport	= 380 "
Lossning	= <u>133 "</u>
	610 kr/lass

40 min lastningstid:

Lastning	= 193 kr/lass
Transport	= 380 "
Lossning	= <u>133 "</u>
	706 kr/lass

- Kostnader per ton:

Rör- diameter	20 min lastningstid	40 min lastningstid
100	$\frac{610}{17,3} = 35:25 \text{ kr/ton}$	$\frac{706}{17,3} = 40:80 \text{ kr/ton}$
150	$\frac{610}{24,8} = 24:60 \text{ kr/ton}$	$\frac{706}{24,8} = 28:45 \text{ kr/ton}$
225	$\frac{610}{20,6} = 29:60 \text{ kr/ton}$	$\frac{706}{20,6} = 34:25 \text{ kr/ton}$
300	$\frac{610}{18,7} = 32:60 \text{ kr/ton}$	$\frac{706}{18,7} = 37:75 \text{ kr/ton}$
400	$\frac{610}{14,8} = 41:20 \text{ kr/ton}$	$\frac{706}{14,8} = 47:70 \text{ kr/ton}$

Konventionell bil utan kran

## - Lastningskostnad:

Bil med släp och förare = 150 kr/tim  
 Gaffeltruck med förare = 100 "

250 kr/tim

Vid 20 min lastningstid =  $\frac{20 \times 250}{60} = 83$  kr/lass

Vid 40 min lastningstid =  $\frac{40 \times 250}{60} = 167$  kr/lass

## - Transportkostnad (undervägs kostnad):

Timkostnad för bil utan kran = 150 kr/tim  
 Tid = 2 tim  
 Undervägs kostnad =  $2 \times 150 = 300$  kr/lass

## - Lossningskostnad:

Timkostnad för bil utan kran = 150 kr/tim  
 Timkostnad för hjullastare = 125 "

275 kr/tim

Lossningstid = 0,5 tim  
 Lossningskostnad =  $0,5 \times 275 = 138$  kr/lass

## - Summa kostnad vid:

20 min lastningstid

Lastning = 83 kr/lass  
 Transport = 300 "  
 Lossning = 138 "

521 kr/lass

40 min lastningstid:

Lastning = 167 kr/lass  
 Transport = 300 "  
 Lossning = 138 "

605 kr/lass

## Kostnader per ton:

Rör- diameter	20 min lastningstid	40 min lastningstid
100	$\frac{521}{17,3} = 30:10 \text{ kr/ton}$	$\frac{605}{17,3} = 35:00 \text{ kr/ton}$
150	$\frac{521}{25,7} = 20:30 \text{ kr/ton}$	$\frac{605}{25,7} = 23:55 \text{ kr/ton}$
225	$\frac{521}{20,6} = 25:30 \text{ kr/ton}$	$\frac{605}{20,6} = 29:35 \text{ kr/ton}$
300	$\frac{521}{18,7} = 27:85 \text{ kr/ton}$	$\frac{605}{18,7} = 32:35 \text{ kr/ton}$
400	$\frac{521}{14,8} = 35:20 \text{ kr/ton}$	$\frac{605}{14,8} = 40:90 \text{ kr/ton}$

Växelflaksfordon med släpmonterad kran

## - Lastningskostnad:

Gaffeltruck med förare = 100 kr/tim

Vid 20 min lastningstid =  $\frac{20 \times 100}{60} = 33 \text{ kr/lass}$ Vid 40 min lastningstid =  $\frac{40 \times 100}{60} = 67 \text{ kr/lass}$ 

## - Transportkostnad (undervägs-kostnad):

Timkostnad för bil med kran  
 och 4 växelflak (enligt förutsätn.) = 210 kr/tim  
 Tid = 2 tim + växling flak 0,3 tim = 2,3 tim  
 Undervägs-kostnad = 2,3 x 210 = 483 kr/lass

## - Lossningskostnad:

Timkostnad (bil med kran  
 och växelflak) = 210 kr/tim  
 Lossningstid = 0,7 tim  
 Lossnings-kostnad = 0,7 x 210 = 147 kr/lass

## - Summa kostnad vid

20 min lastningstid:

Lastning = 33 kr/lass  
 Transport = 483 "  
 Lossning = 147 "

663 kr/lass



40 min lastningstid:

Lastning = 67 kr/lass  
 Transport = 483 "  
 Lossning = 147 "

697 kr/lass

- Kostnader per ton:

Rör- diameter	20 min lastningstid	40 min lastningstid
100	$\frac{663}{17,3} = 38:30$ kr/ton	$\frac{697}{17,3} = 40:30$ kr/ton
150	$\frac{663}{21,4} = 31:00$ kr/ton	$\frac{667}{21,4} = 32:55$ kr/ton
225	$\frac{663}{20,6} = 32:20$ kr/ton	$\frac{697}{20,6} = 33:85$ kr/ton
300	$\frac{663}{18,7} = 35:45$ kr/ton	$\frac{697}{18,7} = 37:25$ kr/ton
400	$\frac{663}{14,8} = 44:80$ kr/ton	$\frac{697}{14,8} = 47:10$ kr/ton

Växelflaksfordon utan kran

- Lastningskostnad:

Gaffeltruck med förare = 100 kr/tim

Vid 20 min lastningstid =  $\frac{20 \times 100}{60} = 33$  kr/lassVid 40 min lastningstid =  $\frac{40 \times 100}{60} = 67$  kr/lass

- Transportkostnad (undervägs-kostnad):

Timkostnad för bil med förare  
och 4 växelflak = 170 kr/timTid = 2 tim + växling flak  
0,3 tim = 2,3 timUndervägs-kostnad =  $2,3 \times 170 = 391$  kr/lass

- Lossningskostnad:

Timkostnad  
Bil med växelflak enligt ovan = 170 kr/tim  
Hjullastare med förare = 125 "

295 kr/tim

Lossningstid = 0,5 tim  
Lossningskostnad =  $0,5 \times 295 = 148$  kr/lass

- Summa kostnad vid

20 min lastningstid:

Lastning = 33 kr/lass  
 Transport = 391 "  
 Lossning = 148 "

572 kr/lass

40 min lastningstid:

Lastning = 67 kr/lass  
 Transport = 391 "  
 Lossning = 148 "

606 kr/lass

- Kostnader per ton:

Rör- diameter	20 min lastningstid	40 min lastningstid
100	$\frac{572}{17,3} = 33:05$ kr/ton	$\frac{606}{17,3} = 35:00$ kr/ton
150	$\frac{572}{22,9} = 24:95$ kr/ton	$\frac{606}{22,9} = 26:45$ kr/ton
225	$\frac{572}{20,6} = 27:75$ kr/ton	$\frac{606}{20,6} = 29:40$ kr/ton
300	$\frac{572}{18,7} = 30:60$ kr/ton	$\frac{606}{18,7} = 32:40$ kr/ton
400	$\frac{572}{14,8} = 38:65$ kr/ton	$\frac{606}{14,8} = 40:95$ kr/ton

BILAGA 18. ANVÄNDNING AV PALLRAMAR - KALKYLERKalkylförutsättningar

- Timkostnader:
 

Konventionell bil med släp och förare	= 150 kr/tim
Bil och släp med utrustning för växelflak och förare	= 150 kr/tim
Växelflak (L = 7,15 m) per styck	= 5 kr/tim
Bilkran (bak- eller släpmonterad)	= 40 kr/tim
Gaffeltruck med förare	= 100 kr/tim
Hjullastare med förare	= 125 kr/tim
- Lossningstider (uppskattade):
 

Med bilkran (bak- eller släpmonterad)	= 60 min/lass (1,0 tim)
Med hjullastare	= 30 min/lass (0,5 tim)
- Terminaltid vid fabriken (uppskattad):
 

Bilens tid för växling av 2 flak (vid släpmonterad kran) = 18 min (0,3 tim).

(Terminaltiden hänförs i kalkylen till transportkostnaden).
- Lastningstider:
 

Eftersom lastningstiden är starkt beroende av truckens köravstånd, utrustning m m varierar tiden här mellan 20-40 min/lass. Det är här räknat med ett renodlat lass bestående av 12 truckbördor med rör.
- Transportavstånd och -hastigheter:
 

I enlighet med 3.3 väljes

Transportavståndet	= 50 km (enkel väg)
Hastighet med last	= 45 km/tim)
Hastighet utan last	= 55 km/tim)
	snitt = 50
- Laststorlek (beräknad):
 

Enligt bilaga 16 är lasterna beroende av rördimension och blir följande när tomvikten av pallramarna räknats bort:

Ø 100	= 13,7 ton rör
Ø 150 konventionell bil med kran	= 25,1 "-
Ø 150 konventionell bil utan kran	= 26,6 "-
Ø 150 växelflaksbil med kran	= 21,7 "-
Ø 150 växelflaksbil utan kran	= 23,2 "-
Ø 225 växelflaksbil med kran	= 22,1 "-
Ø 225 övriga fordon	= 22,7 "-
Ø 300 växelflaksbil med kran	= 21,7 "-
Ø 300 övriga fordon	= 23,4 "-
Ø 400	= 19,7 "-

Kapitalkostnader för pallramar

Inköpspris	= 55 kr/st
Avskrivningstid	= 3 år
Ränta	= 10 %
Rep. och underhåll	= 20 % av inköpspris = 11 kr/år
Antal fyllningar/år	= 10

$$\text{Kostnad per år} = \frac{55}{3} + \frac{10 \times 55}{100 \times 2} + 11 = 32 \text{ kr/år}$$

$$\text{Kostnad per fyllning} = \frac{32}{10} = 3:20 \text{ kr/fyllning}$$

- Antal rör per pallram (och fyllning)

Ø 100	= 19 rör/pallram
Ø 150	= 15 "
Ø 225	= 11 "
Ø 300	= 5 "
Ø 400	= 4 "

- Kostnad per rör och ton

Ø 100	= $\frac{3:20}{19} = 0:17$ kr/rör	= 8:50 kr/ton
Ø 150	= $\frac{3:20}{15} = 0:21$ "	= 4:10 "
Ø 225	= $\frac{3:20}{11} = 0:29$ "	= 3:30 "
Ø 300	= $\frac{3:20}{5} = 0:64$ "	= 4:90 "
Ø 400	= $\frac{3:20}{4} = 0:80$ "	= 3:90

Konventionell bil med kran

- Lastningskostnad:

Bil med släp och förare	= 150 kr/tim
Kran med gaffel	= 40 "
Gaffeltruck med förare	= <u>100 "</u>
	290 kr/tim

$$\text{Vid 20 min lastningstid} = \frac{20 \times 290}{60} = 97 \text{ kr/lass}$$

$$\text{Vid 40 min lastningstid} = \frac{40 \times 290}{60} = 193 \text{ kr/lass}$$

- Transportkostnad (undervägs-kostnad):

Timkostnad för bil med kran = 190 kr/tim

$$\text{Tid} = \frac{100}{50} = 2 \text{ tim}$$

$$\text{Undervägs-kostnad} = 2 \times 190 = 380 \text{ kr/lass}$$

## - Lossningskostnad:

Timkostnad för bil med kran = 190 kr/tim  
 Lossningstid = 1,0 tim  
 Lossningskostnad =  $1,0 \times 190 = 190$  kr/lass

## - Summa kostnad vid

20 min lastningstid:

Lastning = 97 kr/lass  
 Transport = 380 "  
 Lossning = 190 "

667 kr/lass

40 min lastningstid:

Lastning = 193 kr/lass  
 Transport = 380 "  
 Lossning = 190 "

763 kr/lass

## - Kostnader per ton:

Rör- diameter	20 min lastningstid	40 min lastningstid
100	$\frac{667}{13,7} = 48:70$ kr/ton	$\frac{763}{13,7} = 55:70$ kr/ton
150	$\frac{667}{25,1} = 26:55$ kr/ton	$\frac{763}{25,1} = 30:40$ kr/ton
225	$\frac{667}{22,7} = 29:40$ kr/ton	$\frac{763}{22,7} = 30:40$ kr/ton
300	$\frac{667}{23,4} = 28:50$ kr/ton	$\frac{763}{23,4} = 32:60$ kr/ton
400	$\frac{667}{19,7} = 33:85$ kr/ton	$\frac{763}{19,7} = 38:75$ kr/ton

Konventionell bil utan kran

## - Lastningskostnad:

Bil med släp och förare = 150 kr/tim  
 Gaffeltruck med förare = 100 "

250 kr/tim

Vid 20 min lastningstid =  $\frac{20 \times 250}{60} = 83$  kr/lass

Vid 40 min lastningstid =  $\frac{40 \times 250}{60} = 167$  kr/lass

- Transportkostnad (undervägs-kostnad):

Timkostnad för bil utan kran = 150 kr/tim  
 Tid = 2 tim  
 Undervägs-kostnad =  $2 \times 150 = 300$  kr/lass

- Lossningskostnad:

Timkostnad för bil utan kran = 150 kr/tim  
 Timkostnad för hjullastare = 125 "  
 275 kr/tim

Lossningstid = 0,5 tim  
 Lossningskostnad =  $0,5 \times 275 = 138$  kr/lass

- Summa kostnad vid

20 min lastningstid  
 Lastning = 83 kr/lass  
 Transport = 300 "  
 Lossning = 138 "  
 521 kr/lass

40 min lastningstid:  
 Lastning = 167 kr/lass  
 Transport = 300 "  
 Lossning = 138 "  
 605 kr/lass

- Kostnader per ton:

Rör- diameter	20 min lastningstid	40 min lastningstid
100	$\frac{521}{13,7} = 38:00$ kr/ton	$\frac{605}{13,7} = 44:15$ kr/ton
150	$\frac{521}{26,6} = 19:60$ kr/ton	$\frac{605}{26,6} = 22:75$ kr/ton
225	$\frac{521}{22,7} = 22:95$ kr/ton	$\frac{605}{22,7} = 26:65$ kr/ton
300	$\frac{521}{23,4} = 22:25$ kr/ton	$\frac{605}{23,4} = 25:85$ kr/ton
400	$\frac{521}{19,7} = 26:45$ kr/ton	$\frac{605}{19,7} = 30:70$ kr/ton



Växelflaksfordon med släpmonterad kran

## - Lastningskostnad:

Gaffeltruck med förare = 100 kr/tim

Vid 20 min lastningstid =  $\frac{20 \times 100}{60} = 33$  kr/lassVid 40 min lastningstid =  $\frac{40 \times 100}{60} = 67$  kr/lass

## - Transportkostnad (undervägs kostnad):

Timkostnad för bil med kran

och 4 växelflak (enligt förutsätn.) = 210 kr/tim

Tid = 2 tim + växling flak 0,3 tim = 2,3 tim

Undervägs kostnad = 2,3 x 210 = 483 kr/lass

## - Lossningskostnad:

Timkostnad enligt ovan = 210 kr/tim

Lossningstid = 1,0 tim

Lossningskostnad = 1,0 x 210 = 210 kr/lass

## - Summa kostnad vid

20 min lastningstid:

Lastning = 33 kr/lass

Transport = 483 "

Lossning = 210 "

---

726 kr/lass40 min lastningstid:

Lastning = 67 kr/lass

Transport = 483 "

Lossning = 210 "

---

760 kr/lass

## Kostnader per ton

Rör- diameter	20 min lastningstid	40 min lastningstid
100	$\frac{726}{13,7} = 53:00$ kr/ton	$\frac{760}{13,7} = 55:45$ kr/ton
150	$\frac{726}{21,7} = 33:45$ kr/ton	$\frac{760}{21,7} = 35:00$ kr/ton
225	$\frac{726}{22,1} = 32:85$ kr/ton	$\frac{760}{22,1} = 34:40$ kr/ton
300	$\frac{726}{21,7} = 33:45$ kr/ton	$\frac{760}{21,7} = 35:00$ kr/ton
400	$\frac{726}{19,7} = 36:85$ kr/ton	$\frac{760}{19,7} = 38:60$ kr/ton

Växelflaksfordon utan kran

## - Lastningskostnad:

Gaffeltruck med förare = 100 kr/tim

Vid 20 min lastningstid =  $\frac{20 \times 100}{60} = 33$  kr/lassVid 40 min lastningstid =  $\frac{40 \times 100}{60} = 67$  kr/lass

## - Transportkostnad (undervägs-kostnad):

Timkostnad för bil med förare  
och 4 växelflak = 170 kr/tim

Tid = 2 tim + växling flak

0,3 tim = 2,3 tim

Undervägs-kostnad =  $2,3 \times 170 = 391$  kr/lass

## - Lossningskostnad:

Timkostnad

Bil med växelflak enligt ovan = 170 kr/tim

Hjullastare med förare = 125 "

225 kr/tim

Lossningstid = 0,5 tim

Lossnings-kostnad =  $0,5 \times 295 = 148$  kr/lass

- Summa kostnad vid

20 min lastningstid:

Lastning	= 33 kr/lass
Transport	= 391 "
Lossning	= <u>148 "</u>

572 kr/lass

40 min lastningstid:

Lastning	= 67 kr/lass
Transport	= 391 "
Lossning	= <u>148 "</u>

606 kr/lass

- Kostnader per ton:

Rör- diameter	20 min lastningstid	40 min lastningstid
100	$\frac{572}{13,7} = 41:75$ kr/ton	$\frac{606}{13,7} = 44:25$ kr/ton
150	$\frac{572}{23,2} = 19:60$ kr/ton	$\frac{606}{23,2} = 26:10$ kr/ton
225	$\frac{572}{22,7} = 25:20$ kr/ton	$\frac{606}{22,7} = 26:70$ kr/ton
300	$\frac{572}{23,4} = 24:45$ kr/ton	$\frac{606}{23,4} = 25:90$ kr/ton
400	$\frac{572}{19,7} = 29:05$ kr/ton	$\frac{606}{19,7} = 30:75$ kr/ton

BILAGA 19. TRANSPORTAVSTÅND VID 3 VÄNDOR/DAG MED VÄXELFLAKS-  
FORDON I KOMBINATION MED STÅLHÄCKAR ELLER PALLRAMAR

I likhet med för konventionella fordon (bilaga 9) kan vi här undersöka möjliga transportavstånd vid 3 vändor per dag. Vi undersöker detta för terminaltider (växlingstider) 15-25 min/lass även om endast 15 och 18 min har använts i kalkylerna tidigare.

Förutsättningar

- Terminaltider = 15-25 min/lass
- Lossningstider:
  - Med släpmonterad kran och stålhackar = 40 min/lass
  - Med släpmonterad kran och pallramar = 60 "
  - Med hjullastare och stålhackar = 30 "
  - Med hjullastare och pallramar = 30 "
  - Med hjullastare och utan lastbärare = 45 "
- Transporthastighet i genomsnitt = 50 km/tim.

Lossning med kran

- a) Stålhackar och terminaltid = 15 min/lass
- Tid per dag vid 3 vändor:
- $$\begin{aligned} \text{Terminaltid} &= 3 \times 15 = 45 \text{ min} = 0,75 \text{ tim} \\ \text{Lossning} &= 3 \times 40 = 120 \text{ min} = \underline{2,0 \text{ "}} \\ &2,75 \text{ tim} \end{aligned}$$
- Återstår för transport =  $8 - 2,75 = 5,25 \text{ tim/dag}$
- $$\text{Transportväg (enkel)} = \frac{5,25 \times 50}{2 \times 3} = 43,8 \text{ km}$$
- b) Stålhackar och terminaltid = 25 min/lass
- Tid per dag:
- $$\begin{aligned} \text{Terminaltid} &= 3 \times 25 = 75 \text{ min} = 1,25 \text{ tim} \\ \text{Lossning} &= 3 \times 40 = 120 \text{ min} = \underline{2,0 \text{ "}} \\ &3,25 \text{ tim} \end{aligned}$$
- Återstår för transport =  $8 - 3,25 = 4,75 \text{ tim/dag}$
- $$\text{Transportväg (enkel)} = \frac{4,75 \times 50}{2 \times 3} = \underline{39,6 \text{ km}}$$

c) Pallramar och terminaltid = 15 min/lass

Tid per dag:

$$\text{Terminaltid} = 3 \times 15 = 45 \text{ min} = 0,75 \text{ tim}$$

$$\text{Lossning} = 3 \times 60 = 180 \text{ min} = \underline{3,0 \text{ "}}$$

$$3,75 \text{ tim}$$

$$\text{Återstår för transport} = 8 - 3,75 = 4,25 \text{ tim/dag}$$

$$\text{Transportväg (enkel)} = \frac{4,25 \times 50}{2 \times 3} = \underline{35,4 \text{ km}}$$

d) Pallramar och terminaltid = 25 min/lass

Tid per dag:

$$\text{Terminaltid} = 3 \times 25 = 75 \text{ min} = 1,25 \text{ tim}$$

$$\text{Lossning} = 3 \times 60 = 180 \text{ min} = \underline{3,0 \text{ "}}$$

$$4,25 \text{ tim}$$

$$\text{Återstår för transport} = 8 - 4,25 = 3,75 \text{ tim/dag}$$

$$\text{Transportväg (enkel)} = \frac{3,75 \times 50}{2 \times 3} = \underline{31,3 \text{ km}}$$

#### Lossning med hjullastare

a) Stålhäckar eller pallramar och terminaltid = 15 min/lass

Tid per dag vid 3 vändor:

$$\text{Terminaltid} = 3 \times 15 = 45 \text{ min} = 0,75 \text{ tim}$$

$$\text{Lossning} = 3 \times 30 = 90 \text{ min} = \underline{1,5 \text{ "}}$$

$$2,25 \text{ tim}$$

$$\text{Återstår för transport} = 8 - 2,25 = 5,75 \text{ tim/dag}$$

$$\text{Transportväg (enkel)} = \frac{5,75 \times 50}{2 \times 3} = \underline{47,9 \text{ km}}$$

b) Stålhäckar eller pallramar och terminaltid = 25 min/lass

Tid per dag:

$$\text{Terminaltid} = 3 \times 25 = 75 \text{ min} = 1,25 \text{ tim}$$

$$\text{Lossning} = 3 \times 30 = 90 \text{ "} = \underline{1,5 \text{ "}}$$

$$2,75 \text{ tim}$$

$$\text{Återstår för transport} = 8 - 2,75 = 5,25 \text{ tim/dag}$$

$$\text{Transportväg (enkel)} = \frac{5,25 \times 50}{2 \times 3} = \underline{43,8 \text{ km}}$$

- c) Utan lastbärare (stålhackar eller pallramar) och terminaltid = 15 min/lass

Tid per dag:

$$\begin{array}{l} \text{Terminaltid} = 3 \times 15 = 45 \text{ min} = 0,75 \text{ tim} \\ \text{Lossning} = 3 \times 45 = 135 \text{ min} = \underline{2,25 \text{ "}} \end{array}$$

3,00 tim

$$\text{Återstår för transport} = 8 - 3,0 = 5,0 \text{ tim/dag}$$

$$\text{Transportväg (enkel)} = \frac{5 \times 50}{2 \times 3} = \underline{41,7 \text{ km}}$$

- d) Utan lastbärare och terminaltid = 25 min/lass

Tid per dag:

$$\begin{array}{l} \text{Terminaltid} = 3 \times 25 = 75 \text{ min} = 1,25 \text{ tim} \\ \text{Lossning} = 3 \times 45 = 135 \text{ min} = \underline{2,25 \text{ "}} \end{array}$$

3,50 tim

$$\text{Återstår för transport} = 8 - 3,5 = 4,5 \text{ tim/dag}$$

$$\text{Transportväg (enkel)} = \frac{4,5 \times 50}{2 \times 3} = \underline{37,5 \text{ km}}$$

Dessa transportvägar kan uppritas som funktion av terminaltiden.



FIGURFÖRTECKNING

- 2.1 Stegindelning
- 2.2 Aktuella förflyttningssteg
- 3.1 Transportkostnad (kronor/lass) inklusive lastning och lossning
- 3.2 Transportkostnad (kronor/ton) inklusive lastning och lossning
- 3.3 Transportväg (enkel) för 3 vändor/dag
- 3.4 Arbetstid/belastningsdiagram, utjämning av rörgravsgrus
- 3.5 Arbetstid/belastningsdiagram (knän och höfter), utbärning av Ø 150 till rörgravskant
- 3.6 Arbetstid/belastningsdiagram (axel och armbåge), utbärning av Ø 150 till rörgravskant
- 3.7 Arbetstid/belastningsdiagram (ländrygg och totalbelastning), utbärning av Ø 150 till rörgravskant
- 3.8 Arbetstid/belastningsdiagram, manuell läggning av Ø 150
- 3.9 Arbetstid/belastningsdiagram, delvis mekaniserad läggning av Ø 225 (rörläggare)
- 3.10 Arbetstid/belastningsdiagram, delvis mekaniserad läggning av Ø 225 (medhjälpare)
- 3.11 Arbetstid/belastningsdiagram (axel och armbåge), ensamläggning av Ø 225
- 3.12 Arbetstid/belastningsdiagram (ländrygg och totalbelastning), ensamläggning av Ø 225
- 4.1 Växelflak på bil utan släp
- 4.2 Lastningskostnad vid fabriken för olika transportutrustningar
- 4.3 Transportkostnad (kronor/lass) inklusive lastning och lossning
- 4.4 Transportkostnad (kronor/ton) inklusive lastning och lossning
- 4.5 Transportkostnadsjämförelse, växelflak - fasta flak
- 4.6 Rörläggning med kranförsedd hjullastare
- 4.7 Combi

- 4.8 Skogsmyran
- 4.9 Jämförelse mellan olika utrustningskombinationer (fordon och hjälpmedel)
- 4.10 Jämförelse mellan rör i stålhäckar i kombination med konventionell bil utan kran och rör utan stålhäckar vid konventionell bil eller växelflaksbil utan kran.
- 4.11 Jämförelse mellan rör på pallramar i kombination med konventionell bil utan kran och rör utan pallramar vid konventionell bil eller växelflaksbil utan kran
- 4.12 Transportväg (enkel) för 3 vändor/dag, växelflaksbil
- 4.13 Jämförelse mellan totala kostnaderna med respektive utan pallramar vid bil utan kran (50 km transport)

LITTERATUR

avseende området "Transport och läggning av betongrör".

Jonsson R & Larsson I, 1975, Växelflakssystemets användning vid bygghattars materialförsörjning. (LTH, examensarbete.) Lund.

Magnusson I, 1968, Transporter och materialhantering vid betongvarutillverkning. (Svenska Cementföreningen.) Malmö.

Construction of flexibly jointed concrete pipelines, 1974. Technical Bulletin No. 1.

Rationalisierung beim Bau von Entwässerungssystemen. Bau von Versorgungsnetzen.

Rigtig behandling af betonrör, 1971. Moderne Jordflytning nr 3.

Rohrleitung. Ingenieurtiefbau.

Schäden an Betonrohrleitungen und Instandsetzungsmöglichkeiten, 1971. Tiefbau nr 13.

Utkast till leggeanvisninger for betongrör, 1971. Betongprodukter nr 3.

Working party on the design and construction of underground pipe sewers, 1971. Department of the environment, 3rd report.

Ökad mekanisering av rörgravssponning, 1974. Tryckluft nr 2.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770490-2 från  
Statens råd för byggnadsforskning till AB Skånska Cement-  
gjuteriet, Stockholm**

**R103:1979**

**ISBN 91-540-3083-8**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700003**

**Abonnemangsgrupp:  
S. Byggplatsens verksamhet**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 40 kr exkl moms**